

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 5 月 12 日 (12.05.2005)

PCT

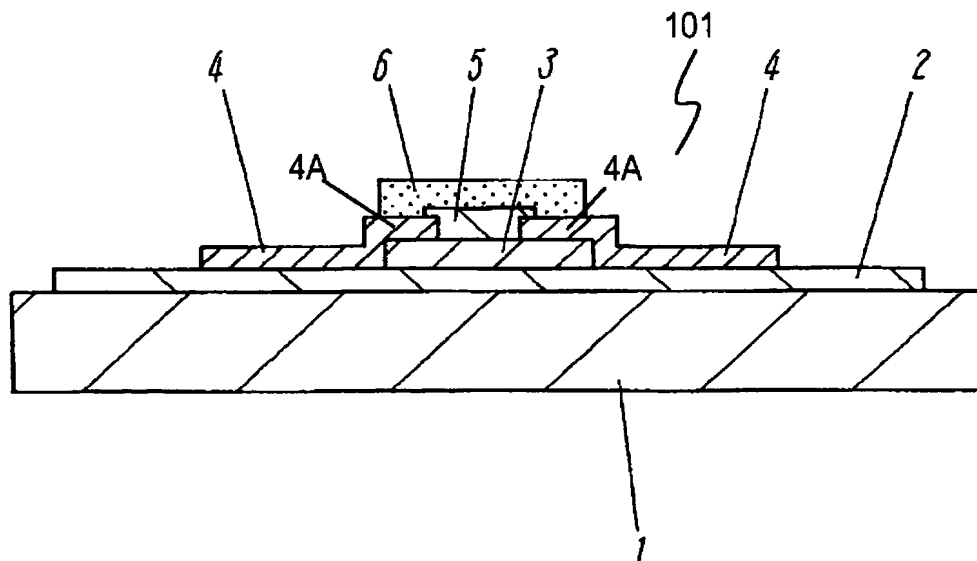
(10) 国際公開番号  
WO 2005/043102 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01L 1/22
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/015980
- (22) 国際出願日: 2004 年 10 月 28 日 (28.10.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-374121 2003 年 11 月 4 日 (04.11.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中尾 恵一 (NAKAO, Keiichi). 水上 行雄 (MIZUKAMI, Yukio).
- (74) 代理人: 岩橋 文雄, 外 (IWAHASHI, Fumio et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

[続葉有]

(54) Title: LOAD SENSOR AND ITS MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 荷重センサ及びその製造方法



(57) Abstract: A load sensor comprises a substrate, a glass layer formed on the substrate, a wiring formed on the glass layer, an adjustment layer formed on the glass layer, and a strain-sensitive resistor formed on the adjustment layer and connected to the wiring. The thermal expansion coefficient of the adjustment layer is closer to that of the glass layer than that of the strain-sensitive resistor. The stress remaining within the resistor of the load sensor is reduced, thereby suppressing the variation with time of the resistance value. Therefore, with one resistor, a load sensor can be formed on a substrate of any of various thermal expansion coefficients, any of various shapes, and any of various thicknesses, thus providing load sensors of various specifications.

(57) 要約: 荷重センサは、基板と、基板上に形成されたガラス層と、ガラス層上に形成された配線と、ガラス層上に形成された調整層と、調整層上に形成され、配線に接続された感歪抵抗体とを備える。ガラス層の熱膨張係数より調整層の熱膨張

[続葉有]



WO 2005/043102 A1



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

係数は感歪抵抗体の熱膨張係数に近い。この荷重センサでは、抵抗体の内部に残る応力が低減され、その抵抗値の経時変化が抑えられる。したがって、1種類の抵抗体で様々な熱膨張係数や形状、厚みの基板上に形成することができ、様々な仕様の荷重センサが得られる。

## 明 細 書

### 荷重センサ及びその製造方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、印加される荷重すなわち力学的歪を測定する荷重センサ及びその製造方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] 特開昭63-298128号公報は、金属基板上に絶縁層を形成し、その絶縁層の表面に厚膜抵抗を形成した圧力センサを開示しており、この圧力センサに用いるガラスグレーズ絶縁層には金属材料と熱膨張係数を近づけたガラスが用いられる。
- [0003] 特開昭61-67901号公報は、グレーズされたステンレス基板とその上に形成される感歪抵抗体の抵抗温度係数(TCR)特性をマッチングさせるため、抵抗体に用いるガラスの熱膨張係数を基板に合わせることを開示している。下地の基板の熱膨張係数が $70 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の場合は熱膨張係数が $70 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の材料で抵抗体が形成される。この場合市販のアルミナ基板用の抵抗体材料(熱膨張係数は約 $70 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ )を流用することが可能である。
- [0004] 特開平6-294693号公報は、感歪抵抗体の中に含まれているガラスフリットの熱膨張係数を基板の熱膨張係数に近似させることを開示している。
- [0005] 特開平9-273968号公報は感歪抵抗体の安定化のために抵抗体と下地ガラスとの相互拡散を防止する力学量センサを開示している。ここでは2種類の抵抗体で抵抗体と下地ガラスとのマッチングが改善される。具体的にはそのセンサは金属基板の上の絶縁層上に第1の抵抗体と第1の抵抗体上の第2の抵抗体とを備える。第1の抵抗体の抵抗値を第2の抵抗体の抵抗値より高く設定しておくことで、たとえ第1の抵抗体が絶縁層の影響を受けた場合でもセンサ全体の抵抗値に対する影響が抑えられる。
- [0006] 特許第3010166号公報は、金属基板上に形成されたガラス層と感歪抵抗体との相互拡散の影響を抑えるためにガラス層と抵抗体との間に粒子状アルミナと粒子状酸化亜鉛を含むガラス層を形成することを開示している。

- [0007] 感歪抵抗体を用いた各種デバイスが広く使われるにつれて抵抗体の単位歪あたりの抵抗変化率であるゲージファクタ(GF)の向上が望まれているが、抵抗体はGFが高くなるほどその特性が不安定になりやすい。
- [0008] 例えば、下地の基板の熱膨張係数が $100 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の場合は熱膨張係数が $100 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ に近い材料で抵抗体を形成する必要がある。同様に $140 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の熱膨張係数の基板には $140 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の材料で抵抗体を形成する必要がある。しかし市販の抵抗体材料はせいぜいアルミナ基板用のものであり、それ以外の熱膨張係数を有する抵抗体材料は市販されておらず、こうした抵抗体材料を新規開発することは困難である。これは抵抗体材料の開発は単にGFだけではなく、TCRやノイズ特性、信頼性等の様々なパラメータを最適化する必要があり、様々な基板の材料の熱膨張係数に応じた抵抗体材料の開発は実質的に不可能である。
- [0009] 感歪抵抗体の材料と下地基板の材料の相互拡散の影響を抑えられるとしても以下の課題が残る。金属の基板と抵抗体の熱膨張係数の差は吸収できないため基板の熱膨張係数に合わせて複数種の抵抗体ペーストを用意する必要がある。また金属基板と抵抗体材料の熱膨張係数の差による抵抗体の内部での応力発生は防止できない。
- [0010] さらに、実際の荷重センサに使われる基板に金属を用いた場合、熱膨張係数以外にも感歪抵抗体の抵抗値を不安定化させる要因がある。例えば厚い金属板を金型で打抜きユーザの求める複雑な寸法形状の荷重センサを製造する場合、前記金属板の内部応力が問題になる。このように基板を打抜きプレス等で加工した際に発生した残留応力、打抜き時に発生した反りの修正(一般的に逆に反らせて反りを修正する)、焼鈍化等で上記のパラメータも実際の基板の熱膨張係数に影響する。そのため、熱膨張係数 $100 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の金属材料で厚みが1mm、2mm、5mmの基板で熱膨張係数や反りの量が変化する。例えば、厚みが1mmや2mmの金属板を同じプレスで打抜いて基板を形成した場合に、打抜き直後の基板の反りが異なる。したがって、反りを修正をした場合でも基板を850℃で焼成するとその反り度合が微妙に異なる。厚みが5mmのように厚い基板はプレス方法自体が違うので、焼成時の反りが上記の暑さの基板と大きく異なる。このような基板の反りや変形は抵抗体には熱膨張係数

のように影響を与えているので、抵抗値を不安定化させやすい。またこうした加工時の歪みは金型を使った上述の打ち抜き加工の他にレーザ加工等でも共通して発生する。

- [0011] 上記従来の荷重センサでは、基板の違い(材質、厚み、形状)やその加工方法(機械加工での残留応力、焼鈍し方法、打抜きやプレス方法等)によって、基板上に形成された抵抗体の内部に様々な応力が発生し、抵抗体のGFが大きくなるほど抵抗値が経時変化しやすくなる。

#### 発明の開示

- [0012] 荷重センサは、基板と、基板上に形成されたガラス層と、ガラス層上に形成された配線と、ガラス層上に形成された調整層と、調整層上に形成され、配線に接続された感歪抵抗体とを備える。ガラス層の熱膨張係数より調整層の熱膨張係数は感歪抵抗体の熱膨張係数に近い。
- [0013] この荷重センサでは、抵抗体の内部に残る応力が低減され、その抵抗値の経時変化が抑えられる。したがって、1種類の抵抗体で様々な熱膨張係数や形状、厚みの基板上に形成することができ、様々な仕様の荷重センサが得られる。

#### 図面の簡単な説明

- [0014] [図1]図1は本発明の実施の形態における荷重センサの断面図である。
- [図2A]図2Aは実施の形態による荷重センサと従来の荷重センサの断面図である。
- [図2B]図2Bは実施の形態による荷重センサと従来の荷重センサの断面図である。
- [図2C]図2Cは実施の形態による荷重センサと従来の荷重センサの断面図である。
- [図3A]図3Aは実施の形態による荷重センサの抵抗値の変化を示す。
- [図3B]図3Bは実施の形態による荷重センサの抵抗値の変化を示す。
- [図4A]図4Aは従来の荷重センサの抵抗値の変化を示す。
- [図4B]図4Bは従来の荷重センサの抵抗値の変化を示す。
- [図5A]図5Aは従来の荷重センサの断面図である。
- [図5B]図5Bは従来の荷重センサの断面図である。
- [図5C]図5Cは従来の荷重センサの断面図である。
- [図5D]図5Dは従来の荷重センサの断面図である。

[図6A]図6Aは実施の形態における荷重センサの断面図である。

[図6B]図6Bは実施の形態における荷重センサの断面図である。

[図6C]図6Cは実施の形態における荷重センサの断面図である。

[図6D]図6Dは実施の形態における荷重センサの断面図である。

[図7]図7は従来の荷重センサの抵抗値の変化率を示す。

[図8]図8は実施の形態における荷重センサの抵抗値の変化を示す。

[図9]図9は実施の形態における他の荷重センサの抵抗値の変化を示す。

[図10]図10は実施の形態におけるさらに他の荷重センサの抵抗値の変化を示す。

[図11]図11は実施の形態におけるさらに他の荷重センサの抵抗値の変化を示す。

[図12A]図12Aは実施の形態における荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図12B]図12Bは実施の形態における荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図12C]図12Cは実施の形態における荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図12D]図12Dは実施の形態における荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図12E]図12Eは実施の形態における荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図13A]図13Aは実施の形態における他の荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図13B]図13Bは実施の形態における他の荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図13C]図13Cは実施の形態における他の荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図13D]図13Dは実施の形態における他の荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図13E]図13Eは実施の形態における他の荷重センサの製造方法を示す断面図である。

[図14]図14は実施の形態による荷重センサの外観図である。

[図15]図15は調整層に用いるコンポジットガラスの拡大模式図である。

[図16]図16はコンポジットガラスに発生する可能性があるピンホールを示す。

[図17A]図17Aは実施の形態における荷重センサの調整層に用いるコンポジットガラ

スペースの製造方法を示す模式図である。

[図17B]図17Bは実施の形態における荷重センサの調整層に用いるコンポジットガラススペースの製造方法を示す模式図である。

[図17C]図17Cは実施の形態における荷重センサの調整層に用いるコンポジットガラススペースの製造方法を示す模式図である。

[図18A]図18Aは実施の形態における荷重センサの調整層に用いるコンポジットガラススペースの製造方法を示す模式図である。

[図18B]図18Bは実施の形態における荷重センサの調整層に用いるコンポジットガラススペースの製造方法を示す模式図である。

[図18C]図18Cは実施の形態における荷重センサの調整層に用いるコンポジットガラススペースの製造方法を示す模式図である。

[図18D]図18Dは実施の形態における荷重センサの調整層に用いるコンポジットガラススペースの製造方法を示す模式図である。

#### 符号の説明

- [0015]
- 1 基板
  - 2 ガラス層
  - 3 調整層
  - 4 配線
  - 5 感歪抵抗体
  - 6 保護層
  - 20 内部電極

#### 発明を実施するための最良の形態

- [0016] 図1は本発明の実施の形態における荷重センサ101の断面図である。基板1の上に絶縁層となるガラス層2が形成され、ガラス層2上の中央部にガラス材料による調整層3が形成されている。複数の配線4はそれぞれの一部がガラス層2上に形成され他の一部が調整層3上に形成されている。複数の配線4の間で調整層3の上に感歪抵抗体5が形成されている。保護層6は抵抗体5と配線4上に設けられ、抵抗体5と配線4を保護する。

- [0017] 調整層3と抵抗体5の熱膨張係数の差の絶対値は、ガラス層2と抵抗体5の熱膨張率の差の絶対値より小さい。すなわち、ガラス層2の熱膨張係数より調整層3の熱膨張係数は感歪抵抗体5の熱膨張係数に近い、実施の形態による荷重センサ101では、調整層3の熱膨張係数は抵抗体5の熱膨張係数とほぼ等しい。基板1と抵抗体5の熱膨張係数は大きく異なっている、抵抗体5とガラス層2の間に形成された調整層3によってそれらの熱膨張率の差による熱膨張の差が吸収される。抵抗体5と大きく異なる熱膨張係数を有する基板1や抵抗体5と大きく異なる熱膨張係数を有するガラス層2に抵抗体5は直接的に接しない。
- [0018] 図2A～図2Cは実施の形態による荷重センサ101と従来の荷重センサ601を比較するための説明図である。
- [0019] 図2Aは従来の荷重センサ601の断面図である。基板501の上にガラス層502が形成され、ガラス層502上に配線504と抵抗体505が形成されている。保護層506は配線504と抵抗体505と上に形成されて配線504と抵抗体505を保護する。箔ゲージ507は保護層506上に接着剤によって貼り付けられている。万力8は基板501の一端501Aを固定する。
- [0020] 図2Bは図1に示す実施の形態による荷重センサ101を示す。保護層6上に箔ゲージ7が設けられている。基板1の一端は万力8で固定されている。図2Aに示す荷重センサ101は図2Bに示す荷重センサ501と異なり、抵抗体5とガラス層2との間に調整層3が形成されている。
- [0021] 図2Cは錘41によって所定の荷重が印加された荷重センサ101、601を示す。一端1A、501Aが万力8で固定された基板1、501の他端1B、501Bからぶら下げられた錘41により基板1、501が撓み、この撓みによる歪み量を抵抗体5や箔ゲージ7の抵抗値の変化として検出する。
- [0022] 図3A、図3Bは、図1と図2Bに示す実施の形態による荷重センサ101の抵抗体5の抵抗値の変化を示す。図3Aにおいて横軸は経過時間(単位は任意)、縦軸は錘41の重さを示し、経過時間=0において錘41の重さは0、すなわち荷重センサ101には何もぶら下げられていない。時間の経過と共に錘41の重さを変えた。図3Bにおいて、横軸は経過時間であり、縦軸は抵抗体5の抵抗値を示す。抵抗値は初期値を100



として換算して示す。線1001は実施の形態による荷重センサ101の抵抗体5の抵抗値を示し、線1002は箔ゲージ7の抵抗値を示す。

[0023] 図4A、図4Bは、図2Aに示す従来の荷重センサ601の抵抗体505の抵抗値の変化を示す。図4Aにおいて横軸は経過時間(単位は任意)、縦軸は錘41の重さを示し、経過時間=0において錘41の重さは0、すなわち荷重センサ101には何もぶら下げられていない。時間の経過と共に錘41の重さを変えた。図4Bにおいて、横軸は経過時間であり、縦軸は抵抗体505の抵抗値を示す。抵抗値は初期値を100として換算して示す。線1501は重センサ601の抵抗体505の抵抗値を示し、線1502は箔ゲージ507の抵抗値を示す。

[0024] 図3Bの線1001で示す実施の形態による荷重センサ101の抵抗値は線1002で示す箔ゲージ7の抵抗値と同様に錘41の重さに比例して増減し、錘41の重さが一定の時は一定である。一方、図4Bの線1501で示す従来の荷重センサ601の抵抗値は錘41の重さに応じて増減する。しかし図4Bの線1501で示す抵抗値は、箔ゲージ7が錘41の重さの増減に敏感に応答しても、錘41の重さの変化に遅れて応答し、さらに、錘41の重さが一定の時も抵抗値が安定していない。この現象は基板1の熱膨張係数と抵抗体5の熱膨張係数の差が大きいほど顕著に見られる。

[0025] 様々な熱膨張係数の基板1、501を用いた場合の抵抗体5、505の抵抗値の変化を表1に示す。なお、抵抗体5を有する実施の形態による荷重センサ101の調整層3の熱膨張係数は抵抗体5と同じ $70 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ とした。

[0026] [表1]

熱膨張係数 ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )			抵抗体 5 の 抵抗値	抵抗体 505 の抵抗値
基板	ガラス層	抵抗体		
40	40	70	安定	不安定
60	60	70	安定	安定
70	70	70	安定	安定
80	80	70	安定	安定
100	100	70	安定	不安定
120	120	70	安定	不安定
140	140	70	安定	不安定
160	160	70	安定	不安定
180	180	70	安定	不安定
200	200	70	安定	不安定

[0027] 表1において、 $40 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ から $200 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ までの様々な熱膨張係数を有する基板1、101を用いた。ガラス層2、502の熱膨張係数は特開昭63-298128号公報で開示されているように基板1、101と同じ部材で形成した。抵抗体5、505は市販のアルミナ基板用のものであり、熱膨張係数は $70 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ である。

[0028] 表1に示すように、従来の荷重センサ601の抵抗体501は基板501の熱膨張係数と抵抗体505の熱膨張係数がほぼ等しい場合には抵抗値が安定しているが、基板501の熱膨張係数と抵抗体505の熱膨張係数との差が大きくなると抵抗値が不安定になる。一方実施の形態による荷重センサ101では、基板1の熱膨張係数と抵抗体5の熱膨張係数の差が大きくなっても抵抗体5の抵抗値は安定している。

[0029] 次に、調整層3の熱膨張係数について説明する。表2は、基板1と抵抗体5の熱膨張係数を固定した場合に、様々な熱膨張係数を有する調整層3を用いた荷重センサ101の感歪抵抗体5の抵抗値の変動を示す。なおガラス層2の熱膨張率は基板1と同じ $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ とした。

[0030] [表2]

熱膨張係数 ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ )			抵抗体 5 の 抵抗値
基板 1	調整層 3	抵抗体 5	
100	40	70	不安定
100	60	70	安定
100	40	70	安定
100	80	70	安定
100	100	70	不安定
100	120	70	不安定
100	140	70	不安定
100	160	70	不安定
100	180	70	不安定
100	200	70	安定

[0031] 表2に示すように、基板1とガラス層2の熱膨張係数が $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ の場合、調整層3の熱膨張係数が $40 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満と小さい場合や $100 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上と大きい場合には抵抗体5の抵抗値が不安定である。

[0032] 調整層3の熱膨張係数を抵抗体5に合わせることで、基板1からの応力は調整層3で吸収され、抵抗体5に伝わりにくい。表2より、抵抗体5と調整層3の熱膨張係数の差が $30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上になると抵抗体5の抵抗値が不安定になる。したがって、抵抗体5と調整層3の熱膨張係数の差は $30 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満、望ましくは $20 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満、更に望ましくは $10 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満である。

[0033] 従来の荷重センサ601の製造工程において、基板501上にガラス層502が形成され、ガラス層502上に抵抗体505となるペーストが所定形状で塗布される。塗布されたペーストが焼成炉の中で焼成されて抵抗体505となる。このペーストが焼成中にその内部に応力が発生し、これにより抵抗体505に異常な応力が発生する。従来の荷重センサ601での熱膨張係数の大きな基板501上に形成された熱膨張係数の小さな抵抗体505の内部に発生する大きな応力について説明する。

[0034] 図5A～図5Dは調整層を有しない従来の荷重センサ601の抵抗体505に応力が発生する過程を示す。

- [0035] 図5Aは抵抗体505を市販のメッシュベルト炉で焼成する際の温度プロファイルを示し、横軸は時間、縦軸は基板501の温度を示す。室温9Aの基板501がベルト炉に入って昇温し、最高温度9Bを経て降温し、室温9Aまで戻るのに1時間程度かかる。
- [0036] 図5Bは最高温度9Bで熱膨張した従来の荷重センサ601の断面図である。図5Bにおいて、矢印510A、511Aの方向と長さは荷重センサ601のサンプルが変形する方向と変形する量をそれぞれ示す。従来の荷重センサ601では、基板501上にガラス層502が形成され、ガラス層502上に抵抗体505となるペーストが印刷塗布される。塗布されたペーストがベルト炉の中で焼成されて抵抗体505となる。なお図5Bにおいて配線504は省略している。荷重センサ601がベルト炉内で最高温度9Bに加熱されている時、基板501は矢印511Aに示すように大きく熱膨張している。ガラス層502は基板501の熱膨張率と近い熱膨張率を有するので、ガラス層502も矢印511Aに示すように基板501と同じ方向で同程度の量だけ熱膨張する。
- [0037] 抵抗体505は最高温度9Bで融けている。図5Cに示すように、サンプルが最高温度9Bからベルト炉の中で降温領域12になる。図5Dは降温領域12でのサンプルの各部にかかる応力を示す。降温領域12で温度が下がるにつれて基板501やガラス層502が矢印510B、511Bの方向に大きく収縮する。この時、抵抗体505は矢印13に示すように基板501、ガラス層502より少ない量だけ収縮する。そのためガラス層502と抵抗体505の界面付近の領域14Aに応力が集中し、これが抵抗体505の抵抗値を変動させる。
- [0038] 次に、実施の形態による荷重センサ101で発生する応力を説明する。
- [0039] 図6A～図6Dは調整層3を備えた実施の形態による荷重センサ101に応力が発生する過程を示す。
- [0040] 図6Aに示す最高温度9Bでは荷重センサ101において、図6Bに示すように、基板1もガラス層2も矢印10A、11Aが示すように大きく熱膨張する。調整層3は矢印42のように基板1もガラス層2より少ない量だけ僅かに熱膨張しており、抵抗体5は溶解している。
- [0041] 図6Cに示す降温領域12においては、図6Dに示すように、基板1やガラス層2は矢

印10B、11Bが示すように大きく収縮する。抵抗体5や調整層3は矢印13、42が示すように、基板1やガラス層2より少ない量で僅かしか収縮しない。基板1やガラス層2と抵抗体5の熱収縮量の差による応力はガラス層2と調整層3の界面付近の領域14Bに集中する。その結果、熱収縮量の差による応力は抵抗体5に発生しにくくなり、その抵抗値は安定する。

- [0042] 次に、任意の熱膨張係数の基板1で荷重センサ101を製造する方法について説明する。ユーザはその用途によって様々な熱膨張係数、厚み、形状の基板1を指定する。
- [0043] 図7は様々な特性を有する基板501を備えた従来の荷重センサ601のサンプルの感歪抵抗体505の抵抗値の変動を示す。図7において横軸は経過時間、縦軸は抵抗体505の抵抗値の変化を、初期(横軸の時刻 $t_0$ )の抵抗値からの変化率をppmで示す。すなわち、図7は図4Bを更に高分解能で測定した図に相当する。
- [0044] サンプルの抵抗体505の抵抗値は、図7に示す特性51のように時間と共に低下する場合、特性52のように変化しない場合、特性53のように時間と共に増加する場合がある。
- [0045] 特性52のように抵抗値が変動しない場合、従来の荷重センサ601でも正確に動作する。しかし抵抗体505が特性51や特性53の抵抗値を有する場合、調整層3が必要となる。
- [0046] 特性51の抵抗値は時間と共に低下するが、これは抵抗体5の長さが時間と共に微小ではあるが徐々に短くなっているためと考えられる。抵抗体5がガラス層2による締められることで、抵抗体5の長さが時間と共に徐々に短くなっている。このように特性51の抵抗値を有する抵抗体5では、抵抗体5が押し締められないように調整層3の熱膨張係数を決定する。
- [0047] 特性53の抵抗値は時間と共に増加しているが、これは抵抗体5の長さが時間と共に徐々に長くなっているためと考えられる。抵抗体5がガラス層2により引っ張られることで、その長さが徐々に長くなっている。このように特性53の抵抗値を有する抵抗体5では、抵抗体5が引っ張られないように調整層3の熱膨張係数を決定する。
- [0048] 以上のように、感歪抵抗体5の抵抗値の変化の主原因は抵抗体内部に発生してい

る応力と考えられ、抵抗体5と接する調整層3の熱膨張係数の調整によって抵抗体5の内部に発生する応力が調整できるので、抵抗値の時間変化を抑えられる。

- [0049] 感歪抵抗体5を形成するペーストがベルト炉の中で焼成され、高温下で柔らかく溶解しているときは殆どペースト(抵抗体5)内に応力が発生しない。しかし、ペーストが冷えて固まり始めると共に抵抗体5の内部に様々な応力が発生する。実際に、従来の荷重センサ601では抵抗体505の抵抗値は基盤501やガラス層502の熱膨張の影響を大きく受ける。
- [0050] 図1に示す荷重センサ101では抵抗体5に近い熱膨張係数を有するガラス材料で調整層3を備える。荷重センサ101では抵抗体5の抵抗値の変化はされが、それでも若干の抵抗値の変化(数十から数百ppm/時間のクリープ)が残ることがある。調整層3を形成するガラス材料にこのガラスとは異なる熱膨張係数を有するセラミックフィラー(セラミック粉)を添加し、全体としての熱膨張を微調整することにより、抵抗体5の抵抗値を安定化できる。
- [0051] 図8および図9は実施の形態におけるセラミックフィラーを添加された調整層3を備えた荷重センサ101の抵抗体5の抵抗値の変化を示す。図8および図9において、横軸は調整層3のガラス材料中のセラミックフィラーの割合(wt%)であり、縦軸は抵抗体5の抵抗値の時間変化率(ppm/h)である。縦軸の変化率は、単位時間当たりの抵抗値の変化、すなわち図7の特性51〜53の傾きに相当する。図7の特性の傾きをゼロに近づけることは、図8や図9では縦軸で示す時間変化率をゼロに近づけることに相当する。
- [0052] セラミックフィラーを含まないガラスによる調整層は、図7の特性51で示すように、時間と共に抵抗体5の抵抗値が減少する場合がある。この調整層を備えたサンプルは図8の調整層のガラス中のセラミックフィラーの割合が0wt%に相当するので、図8に示すように抵抗値の変化率は負である。このサンプルでは、時間と共に抵抗値を低下させる力が抵抗体5の内部に発生していると考えられる。このような力が発生しないように、所定の熱膨張係数を有するセラミックフィラーを調整層に添加する。セラミックフィラーの添加量を調整することで、抵抗体の内部で抵抗値を低下させようとしている力を減らし、図8に示すように抵抗値の時間変化を抑えられる。

- [0053] また、セラミックフィラーを含まない調整層では、図7の特性53で示すように、時間と共に抵抗体5の抵抗値が増加する場合がある。この調整層を備えたサンプルは図9のガラス中のセラミックフィラーの割合が0wt%に相当し、図9に示すように抵抗値の変化率は正である。このサンプルでは、時間と共に抵抗値を増加させる力が抵抗体5内部に発生していると考えられる。このような力が発生しないように、所定の熱膨張係数を有するセラミックフィラーを調整層に添加する。そしてセラミックフィラーの添加量を調整することで、抵抗体5内部で抵抗値を増加させようとしている力を減らし、図9に示すように抵抗値の時間変化が抑えられる。
- [0054] なお、調整層3を形成するガラスにセラミックフィラーを添加したコンポジットガラスでは、セラミックフィラー含有率は50wt%未満、望ましくは40wt%未満が望ましい。セラミックフィラーの含有率が50wt%を超えると、作製したコンポジットガラスの密度が不足して物理的強度が低下し、荷重センサとして要求される強度が得られない場合がある。
- [0055] また、こうした用途に予め熱膨張係数の異なる数種類のガラス材料、セラミックフィラーを用意しておくことが望ましい。これによりユーザ指定の基板1を用いて荷重センサを製造する場合、図7に示すような特性51、53のように抵抗層5の抵抗値が変化しても図8や図9に示すようにしてその変化を抑えることができる。このように熱膨張係数の異なる数種の調整層3の材料を用意し、これらを用いて図1に示す荷重センサを製造する。図8や図9に示したようにセラミックフィラーの添加量によって抵抗値の変化率が観察され、変化率を最小にするガラスとセラミックフィラーの組成が判明する。なお基本となる抵抗体5、ガラス層2、調整層3等の熱膨張係数を予め測定しておくことで、実際の作成無しでシミュレーションにてガラスとセラミックフィラーの組成を最適化できる場合が多い。しかし、抵抗体5のロットばらつきや焼成状況のばらつき、各種材料の相互拡散等の影響を受けるので、シミュレーションで組成を最適化できない場合もある。こうした場合に図8に示す実際の材料を変化させることが最適な組成を求める最も有効で実用的な方法である。
- [0056] なお、実施の形態において、ガラス中に添加したセラミックフィラーとしてはアルミナ、ジルコニア、マグネシア、カルシア等を用いることができ、抵抗層5の抵抗値の変動

を数ppm未満に抑えることができる。

- [0057] なお、実施の形態では調整層3の組成をガラスだけで微調整する。実施の形態では調整層3はガラスとセラミックを用いたが、ガラスだけで調整層3を形成することが望ましい場合もある。
- [0058] 以下、異なる熱膨張係数の複数種類のガラスをブレンドして調整層3の最適化について図を用いて説明する。図10、図11は複数種類のガラスを用いた調整層3による感歪抵抗層5の抵抗値の変化率を示す。横軸は調整層3の材料である混合ガラス中の添加ガラスの割合を示し、縦軸は抵抗層5の抵抗値の変化率を示す。図10では、添加ガラスの割合が増加するほど抵抗値の変化率が大きくなる。図11では添加ガラスの割合が増加するほど抵抗値の変化率が小さくなっている。
- [0059] 熱膨張係数 $60\sim 80\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 程度の $\text{SiO}_2\cdot\text{ZnO}\cdot\text{PbO}$ 系の結晶質ガラスを主成分のガラスとして、これより高い熱膨張係数 $100\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 程度の $\text{SiO}_2\cdot\text{B}_2\text{O}_3\cdot\text{RO}$ 系の非晶質ガラスや、主成分のガラスより低い熱膨張係数 $50\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 程度の $\text{SiO}_2\cdot\text{ZnO}\cdot\text{RO}$ 系の結晶化ガラスを添加ガラスとして図10や図11に示すように調整層3が形成される。これによって抵抗値の変化率を数ppm未満に抑えることができる。
- [0060] なお荷重センサの多くはユーザの機器に組みこまれるためにそれぞれ特有の形状をしている。そのため同じ金属材料、厚みであっても加工方法の違いで基板1の中の残留応力が異なり、あるいは加工時の変形を補正するために逆に反らせる加工が行われることが多い。一般的にシミュレーションを行うことで調整層3の成分の実験による微調整まで必要無いことも多い。しかし、抵抗層5の抵抗値は残留応力の影響を受けやすい場合には、実施の形態による調整層3の成分の微調整が有効である。
- [0061] また、ガラス層2と調整層3の界面で熱収縮の差により、ガラス層2と調整層3の界面の接着強度が低下し、互いに剥がれ易くなる可能性もある。こうした場合、上述のように異なるガラス素材を混ぜ合わせることで調整層3の下地となるガラス層2との接着強度を高めることができる。
- [0062] 次に調整層3を形成するガラス材料について説明する。感歪抵抗層5の材料は一般的にアルミナ基板用のものが入手しやすい。このような抵抗層5に対する調整層3のガラス材料としては $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、アルカリ土類酸化物を主体としたものが望ましい。



酸化鉛や酸化ビスマス等の低軟化点成分が調整層3に含まれていても問題が無い場合もある。しかし、抵抗体5が酸化鉛や酸化ビスマスを含んでいる場合に、抵抗体5と調整層5との相互拡散により抵抗体5の抵抗値や抵抗温度係数(TCR)を変化させる場合もある。

[0063] しかし、この場合もセラミックをフィラーとして添加することでその影響を低減できることが多い。これはセラミック材料自体の融点が高く850℃程度の焼成温度では抵抗体5と殆ど相互拡散しないためである。また調整層3のガラス成分を調整することでも抵抗体5のTCRや抵抗値の絶対値を調整できる。

[0064] 調整層3のガラス材料は結晶性のガラス材料を用いることができる。結晶性のガラス材料を抵抗体5の形成前に焼成して結晶化しておく。結晶化したガラス材料による調整層3上に抵抗体5を印刷し、温度850℃程度で焼成しても、この程度の温度では調整層3を形成する結晶化したガラス材料は再融解しないので抵抗体5との相互拡散が起こり難い。荷重センサ101が自動車用のスマートエアバッグシステム等に用いる荷重センサのように車載用の場合、エアバッグが開かない範囲の弱い接触事故程度ではセンサは働かないが、衝突時の衝撃によりセンサが壊れる場合が考えられる。基板1には十分な耐力があったとしてもセンサを構成するガラス材料の部分(例えば調整層3)が割れる場合がある。実験によれば、結晶化ガラスによる調整層3が非晶質ガラスによる調整層3より衝撃に対して壊れにくく高信頼性の結果が得られた。

[0065] ユーザが指定する基板1は、その材質(金属、セラミック等)に応じて固有の熱膨張係数を有し、さらに厚みや形状、あるいは基板の加工方法での残留応力(基板の熱処理、残留応力で基板の変形)等の様々な物理的な性質を有する。しかし、前述のように、実施の形態によると、ユーザの指定する基板1に対して限られた感歪抵抗体5で荷重センサを作製でき、荷重センサの多品種化、低コスト化が可能になる。今後、更なる酸化ルテニウムを含まない高いゲージファクタ(GF)を有する感歪抵抗体5の材料が開発され、その熱膨張係数が酸化ルテニウムを含む一般の抵抗体5の材料と大きく異なっても、調整層3によりアルミナや金属による様々な材料の基板1で荷重センサ101を作製できる。

[0066] なお、調整層3の面積は抵抗体5より大きいことが望ましい。調整層3の面積を抵抗

体5より広げることで抵抗体5の下の全面に調整層3を形成できる。また、図1に示すように、調整層3の上に配線4の一部4Aが形成されることが望ましい。調整層3の上に形成された配線4の一部4Aに接して抵抗体5を形成することで抵抗体5の下の全面に調整層3を形成できる。また、一つの調整層3の上に複数の抵抗体5を形成することも望ましい。これにより互いの抵抗体5の特性が揃えられ、荷重センサの歩留を上げることができる。また、調整層3の面積はガラス層2より小さいことが望ましい。調整層3の面積がガラス層2と同程度もしくはそれより大きくなると調整層3とガラス層2の熱膨張係数の差から界面が剥離し、強度が低下する場合がある。

[0067] 調整層3の厚みは1  $\mu$  m以上500  $\mu$  m未満が望ましい。調整層3の厚みが1  $\mu$  m未満の場合は調整層3にピンホールが発生する場合があります、更に調整層3での十分な応力吸収ができない場合がある。また調整層3の厚みが500  $\mu$  m以上の場合調整層3の剛性が高くなりすぎて基板1の歪みを正確に抵抗体5に伝えることができない場合がある。

[0068] また、ガラスペーストを印刷し、焼成して調整層3を形成する場合、調整層3とガラス層2を同時焼成（もしくは一括焼成）することによって焼成コストを下げることができる。また配線4と調整層3を同時焼成（もしくは一括焼成）することによって焼成コストを下げられる。なお調整層3と抵抗体5の同時焼成（もしくは一括焼成）は抵抗体5の特性に望ましくない影響を与える場合があります、そうした場合図8から図11で説明したような調整層3の材料の組成の最適化が必要な場合がある。

[0069] 荷重センサ101は、市販のアルミナ基板に用いられる材料による感歪抵抗体5と、アルミナ基板より熱膨張係数が大きい金属による基板1とを備えてもよい。アルミナ基板に用いる抵抗体5の材料として、酸化ルテニウムを含む焼成温度850℃の数種の焼成型の材料が販売されている。さらにハイブリッドIC用のクロスオーバー用や多層絶縁用に、アルミナ基板とほぼ同じ熱膨張係数を有するガラス材料やガラスペーストが販売されている。このようなガラス材料を主成分として、これに必要に応じて所定のセラミック粉を添加して熱膨張係数を微調整した調整層3で感歪抵抗体5の抵抗値を安定させることができる。このようなガラス材料としては $\text{SiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{RO}$ （RはMg、Ca、Sr、Ba等のアルカリ土類金属）をガラス成分とする結晶性のものが望ましい。

- [0070] なお、このガラス材料のガラスペーストとして、ガラス粉の平均粒径が $5\mu\text{m}$ 以下(もしくは中心粒径が $10\mu\text{m}$ 以下)、望ましくは平均粒径を $3\mu\text{m}$ 以下とすることが望ましい。このような細かいガラス粉を使うことで調整層3の厚みを均一化できると共にその表面粗さを小さくできるので、調整層3の上に抵抗体ペーストを印刷しやすくなる。
- [0071] なお、保護層6は少なくとも抵抗体5の全面を覆うことが望ましい。保護層6が抵抗体5の全面及び抵抗体5と接続された配線4の一部4A、調整層3を覆うことで抵抗体5やその抵抗値への外気の影響を抑えることができ、荷重センサ101の信頼性が改善できる。
- [0072] また、基板1の熱膨張係数と抵抗体5の熱膨張係数の差が $20\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上 $300\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満が望ましい。基板1と抵抗体5の熱膨張係数が $20\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満の場合には、調整層3無しで基板1と抵抗体5との熱膨張係数の差を焼成条件等で所定値以下に抑えられる。
- [0073] さらに、基板1の熱膨張係数とガラス層2の熱膨張係数の差が $20\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満が望ましい。基板1とガラス層2の熱膨張係数差が $20\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上の場合、基板1とガラス層2の熱膨張係数の差によって発生するガラス層2の内部に発生した応力によってガラス層2と基板1が剥がれる場合がある。
- [0074] そして、抵抗体5の熱膨張係数と調整層3の熱膨張係数の差は $20\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以下が望ましい。抵抗体5と調整層3の熱膨張係数差が $20\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上の場合、基板1と抵抗体5との熱膨張係数差を調整層3で所定値以下に抑えられない場合がある。
- [0075] なお、調整層3の厚みは $1\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 未満が望ましい。調整層3の厚みが $1\mu\text{m}$ 未満の場合、調整層3にピンホールが発生しやすく、抵抗体5とガラス層2が直接接してしまう可能性があり、調整層3の効果が得られない場合がある。また調整層3の厚みが $500\mu\text{m}$ 以上の場合、調整層3自体の剛性が基板1に影響を与える可能性があり、荷重センサとしての出力の安定性に影響を与える場合がある。
- [0076] また、調整層3の大きさは $0.1\text{mm}\times 0.1\text{mm}$ ( $0.01\text{mm}^2$ )以上 $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ ( $2500\text{mm}^2$ )未満でかつ抵抗体5の面積よりも大きいことが望ましい。調整層3の大きさが $0.1\text{mm}\times 0.1\text{mm}$ 以下の場合、調整層3を一般の厚膜技術で作製することが難しい場合がある。また調整層3の大きさが $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ 以上の場合、調整層3

に大きな応力が発生してガラス層2と調整層3の界面で剥離が発生する場合がある。また調整層3の面積を抵抗体5の面積より大きくすることで抵抗体5の下全面に調整層3を形成できるので抵抗体5とガラス層2が直接接することが防止できる。

[0077] また、図1に示すように、配線4の少なくとも一部4Aは抵抗体5と共に調整層3の上に形成することで調整層3の上で配線4と抵抗体5を接続できるので抵抗体5の材料のペーストを安定して印刷できる。複数の抵抗体5を用いてブリッジ回路を形成する場合でも、複数の抵抗体5の特性を一定に保つことができるので荷重センサ101の出力特性の安定化が図れる。

[0078] なお、抵抗体5の厚みは $1\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 未満が望ましい。抵抗体5の厚みが $1\mu\text{m}$ 未満の場合、基板1と抵抗体5の熱膨張率の差により抵抗体5の内部の応力が発生しにくくなると共に抵抗体5にピンホールが発生しやすく調整層3の効果が得られない場合がある。また抵抗体5の厚みが $500\mu\text{m}$ 以上の場合、抵抗体5を厚膜技術で製造する際、抵抗体5の焼結により発生する応力が大きくなりすぎて調整層3ではその応力を吸収できない場合がある。

[0079] また、抵抗体5の面積は $0.1\text{mm}\times 0.1\text{mm}$ 以上 $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ 未満でかつ調整層3の面積よりも小さいことが望ましい。抵抗体5の面積が $0.1\text{mm}\times 0.1\text{mm}$ 未満の場合、抵抗体5を一般の厚膜技術で作製することが難しい場合がある。また抵抗体5の大きさが $50\text{mm}\times 50\text{mm}$ 以上の場合、抵抗体5を焼結した際に発生する応力等を調整層3では吸収できない場合がある。

[0080] なお、基板1の材料は熱膨張係数が $80\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上 $200\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満である金属が望ましい。熱膨張係数が $80\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満の金属により基板1では、調整層3を形成しなくても焼成条件等の最適化によって抵抗体5の抵抗値の安定化が可能な場合がある。また基板1の熱膨張係数が $200\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上の場合、調整層3で抵抗体5と基板1の熱膨張係数の差を吸収できない場合がある。

[0081] なお、基板1は金属板を金型によって打抜かいて形成しても良い。これにより放電加工やレーザ加工に比べて基板1を安価に形成できる。また金型で加工された金属板は内部に残留応力が残っている。このような基板1は熱処理等によって微妙に歪んだり、反ったりする場合があるが、実施の形態による調整層3でこうした残留応力が

抵抗体5に伝わりにくくできる。

- [0082] なお、抵抗体5の材料はゲージファクタ(GF)は10以上1000未満が望ましい。GFが10未満の材料による抵抗体5は調整層3を形成する必要がない場合がある。またGFが1000以上の材料による抵抗体5の場合、調整層3を最適化してもその抵抗値を安定化させることが困難な場合が考えられる。
- [0083] なお、抵抗体5は、調整層3の上に抵抗体の材料のペーストが所定形状に印刷された後に温度400℃以上1000℃未満で焼成されて形成されることが望ましい。温度400℃未満でペーストを焼成して形成された抵抗体5では、焼結が不十分で調整層3と抵抗体5の接着力が低い場合があり、それらの界面で剥離する場合がある。またペーストの焼成温度が1000℃を超える場合、抵抗体5と調整層3との間の材料の拡散が大きくなりすぎて抵抗体5の抵抗値が安定しない場合がある。
- [0084] なお、調整層3はガラスもしくはガラスとセラミックフィラーよりなるコンポジットガラスよりなることが望ましい。コンポジットガラスを用いた調整層3は、ガラスとセラミックフィラーの種類や混合比率を変えることにより、様々な熱膨張係数の基板1や抵抗体5により荷重センサ101を作製できる。
- [0085] なお、セラミックフィラーの粒径は0.01  $\mu\text{m}$ 以上10  $\mu\text{m}$ 未満が望ましい。セラミックフィラーの粒径が0.01  $\mu\text{m}$ 未満の場合、その分散が難しく、それを含むコンポジットガラスの特性のばらつきが大きい場合がある。またセラミックフィラーの粒径が10  $\mu\text{m}$ 以上の場合、コンポジットガラスからなる調整層3の表面粗さが大きくなりすぎてこの上に形成される抵抗体5の抵抗値のばらつきが大きくなる場合がある。
- [0086] また、セラミックフィラーはアルミナ、ジルコニア、マグネシア、チタニア、チタバリ、カルシアの内の一種以上が望ましい。こうした安価な材料を用いることで抵抗体5とセラミックフィラーの拡散を抑えられると共に荷重センサ101のコストダウンが可能になる。
- [0087] 図12A～図12Dは実施の形態における荷重センサ101の製造方法を示す断面図である。
- [0088] 図12Aに示すように、基板15の上にガラスペーストを印刷して焼成することによりガラス層16aが形成される。ガラス層16aの厚みは10  $\mu\text{m}$ 以上200  $\mu\text{m}$ 以下が望まし

い。ガラス層16aの厚みが10 $\mu$ m未満の場合、ガラス層16aにピンホールが発生する可能性がある。またガラス層16aの厚みが200 $\mu$ mを超えるとコストアップとなる。

[0089] 次に、図12Bに示すように、ガラス層16aの上に調整層17aを形成する。調整層17aはこの上に形成する感歪抵抗体19aより大きいことが望ましい。調整層17aはその材料のペーストを印刷して焼成することで形成できる。

[0090] 次に図12Cに示すように、少なくともその一端118aが調整層17a上に位置するようにして複数の配線18aを形成する。配線18aはおの材料のペーストを印刷して焼成することで形成できる。

[0091] 次に図12Dに示すように、複数の配線18aの間に感歪抵抗体19aを形成する。抵抗体19aの下には調整層17aが予め形成されている。抵抗体19aはその材料のペーストを印刷して焼成することで形成できる。最後に、図12Eに示すように、少なくとも抵抗体19aの表面を覆うように保護層20aを形成する。

[0092] 以上の方法により、抵抗体19aの直下に調整層17aを印刷等の安価な方法で形成でき、基板15の熱膨張係数の影響を受けにくい荷重センサを安価に製造できる。なお図12Aにおいてガラス層16aを複数層で形成するとガラス層16aはその内部に発生するピンホール等の影響を受けにくくなる。また、ガラス層16aと調整層17aを一括して焼成して同時に形成することができ、これにより製造コストを抑えることができる。なおガラス層16aと調整層17aは互いに熱膨張係数が異なる場合があるが、調整層17aは極僅かの面積に形成されるに過ぎないので、熱膨張係数の違いはそれほど問題にならない。

[0093] また、ガラス層16aと調整層17a、配線18aも同時に焼成することができ、更なるコストダウンが可能である。一般的にガラスより金属が収縮開始温度が低い。配線18aを形成するペーストに予め収縮抑制剤を添加しておくことで、同時焼成時の焼成収縮の違いによる割れやクラックが防止できる。なお収縮抑制剤としてはガラス層16aや調整層17aのガラス粉やセラミック粉等の無機材料を用いることができる。なお収縮抑制剤の添加量は1wt%以上20wt%以下が望ましい。収縮抑制剤の添加量が1wt%以下の場合収縮抑制効果が得られない場合がある。収縮抑制剤の添加量が20wt%を超える場合、配線の抵抗値が増加し、抵抗体19aの特性に影響を及ぼす場

合がある。

- [0094] 図13A～図13Eは実施の形態における他の荷重センサの製造方法を示す断面図である。
- [0095] 図13Aに示すように、基板15の上にガラスペーストや電極ペーストを印刷して焼成することにより、内部電極20を内蔵したガラス層16bが形成される。なお基板1と内部電極20の間のガラス層16bの一部116bの厚みは $10\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下が望ましい。ガラス層16bの一部116bの厚みが $10\mu\text{m}$ 未満の場合、ガラス層16bにピンホールが発生する可能性がある。またガラス層16bの一部116bの厚みが $200\mu\text{m}$ を超えるとコストアップの原因になる。ガラス層16bの内部の内部電極20により、荷重センサの電磁気妨害(EMI)特性が改善され、荷重センサが携帯電話や無線機等の電磁波の影響を受けにくくすることができる。
- [0096] 次に、図13Bに示すようにガラス層16bの上に調整層17bを形成する。ここで調整層17bはその上に形成する感歪抵抗体19bより広いことが望ましい。調整層17bはその材料のペーストを印刷して焼成することで形成できる。
- [0097] 次に、図13Cに示すように、複数の配線18bをその少なくともその一端118bが調整層17bの上を覆うように形成する。配線18bはその材料のペーストを印刷して焼成することで形成できる。
- [0098] そして、図13Dに示すように、調整層17bの上でかつ複数の配線18bの間に感歪抵抗体19bを形成する。抵抗体19bはその材料のペーストを印刷して焼成することで形成できる。
- [0099] 最後に、図13Eに示すように、少なくとも抵抗体19bの表面を覆うように保護層20bを形成する。この製造方法では、抵抗体19bの直下に調整層17bを印刷等の安価な方法により形成できるので、基板15の熱膨張係数の影響を受けにくい荷重センサを安価に製造することができる。
- [0100] なお、図13Aに示すようにガラス層16bは、その材料のペーストを複数回の印刷／乾燥を繰り返して複数のガラス層を形成して作成してもよく、これによりガラス層16bの内部のピンホールの影響を小さくできる。
- [0101] また、ガラス層16b、内部電極20、調整層17bを一括して焼成して同時に形成する

ことができる。これにより荷重センサの製造コストを抑えることができる。なおガラス層16bと調整層17bとは互いに熱膨張係数が異なるが、調整層17bは極僅かの面積に印刷されるだけなので、熱膨張係数の違いは同時焼成でそれほど問題にならない。

[0102] また、ガラス層16bと調整層17b、内部電極20、配線18bも必要に応じて同時に焼成することでコストダウンができる。一般的にガラスより金属の収縮開始温度が低い。内部電極20や配線18bの材料のペーストに収縮抑制剤を添加しておくことにより、一括焼成の際の収縮量の違いによる割れやクラックが防止できる。なお収縮抑制剤としてはガラス層16bや調整層17bのガラス粉やセラミック粉等の無機材料を用いることができる。

[0103] なお、収縮抑制剤の添加量は1wt%以上20wt%以下が望ましい。収縮抑制剤の添加量が1wt%以下の場合、収縮抑制効果が得られない場合がある。また収縮抑制剤の添加量が20wt%を超える場合、配線18bの抵抗値が増加したり、抵抗体19bの特性に影響を及ぼす場合がある。

[0104] 図14は実施の形態による他の荷重センサ102の外観図である。説明のために保護層の図示を省略している。また基板21の施される、外周の加工、孔加工、嵌合加工等の加工による歪が感歪抵抗体25の特性に影響を与える場合がある。また図14において配線24はその一部しか図示しておらず、配線24に実装される部品や接続される配線等も図示を省略している。図14に示すように、荷重センサ102は基板21と、基板21上のガラス層22と、ガラス層22上の調整層23と、調整層23上の配線24の一部124と、調整層23上の感歪抵抗体25とを備える。抵抗体25と配線24の一部124とが接続されている。

[0105] 図14に示す荷重センサ102は複数の感歪抵抗体25の抵抗値の変化によりセンサ102にかかった荷重を検出する。複数の抵抗体25がブリッジ回路を形成することが望ましい。このとき複数の抵抗体25の抵抗値が異なると、抵抗体25が構成するブリッジ回路の所定の特性が得られなくなることがある。そのため、一つの調整層23の上に複数の抵抗体25を形成することにより、抵抗体25はその材料のペーストが安定して印刷でき、抵抗値のばらつきを抑制できる。

[0106] なお、調整層23の厚みは1  $\mu$  m以上500  $\mu$  m未満が望ましい。調整層23の厚みが



1  $\mu$  m以下の場合、ガラス層22と抵抗体23との熱膨張係数の違いを吸収しきれない場合や内部にピンホールが発生する可能性がある。また調整層23の厚みが500  $\mu$  mより厚い場合、調整層23の材料費が増加する。

[0107] 調整層23の1つの抵抗体25に対する面積は0.1mm×0.1mm以上50mm×50mm未満が望ましい。調整層23の面積が0.1mm×0.1mm未満の場合、調整層23の断面が凸状に盛りあがって平坦な部分が少なくなるので、調整層23の上に抵抗体25の材料のペーストを高精度に印刷することが難しい。また面積が0.1mm×0.1mm以上の調整層23は表面の平らな部分が多くなり、調整層23の上へ抵抗体25の材料のペーストが高精度に容易に印刷できる。調整層23の面積が50mm×50mmを超えると、熱膨張係数の違いにより、調整層23とその下のガラス層22との間にクラックが発生する可能性がある。また抵抗体25の面積より調整層23の面積を大きくすることが望ましい。抵抗体25の面積より調整層23の面積が小さい場合、抵抗体25がガラス層22と接し、抵抗体25の内部の応力分布に影響する場合がある。一つの調整層23の上に複数の抵抗体25を形成することにより抵抗体25を安定して印刷できる。

[0108] 図15は実施の形態による調整層3に用いるコンポジットガラスの拡大模式図である。図15に示すように結晶化ガラス26の内部にセラミック粉27が分散された状態で同時焼成され、コンポジットガラス28を形成している。ガラス26の中にセラミック粉27を分散させた状態で同時焼成させることにより、コンポジットガラス28は添加するセラミック粉27の種類や添加量を微調整することでその熱膨張係数が微調整できる。

[0109] 例えば、図15に示すガラス26の熱膨張係数を8.5ppm/°Cとした場合、ガラス26に熱膨張係数7ppm/°Cのアルミナからなるセラミック粉(フィラー)27を添加することでコンポジットガラス28の熱膨張係数を低下させることができる。また熱膨張係数9.5ppm/°Cのジルコニアをセラミック粉27として添加することでコンポジットガラス28の熱膨張係数を増加させることができる。あるいはガラス26の熱膨張係数が10ppm/°Cや13ppm/°Cと大きいものを選んだ場合でも同時にコンポジットガラスにでき、抵抗体5と基板1との熱膨張率の違いを吸収できる。

[0110] なお、ガラス26に加えるフィラーの添加率は5wt%以上40wt%未満が望ましい。

フィラーの添加量が5wt%未満の場合、その添加効果が得られない場合がある。またフィラーの添加量が40wt%を超える場合、コンポジットガラス28が焼結しにくくなり強度が低下する場合がある。これはセラミック粉27の表面を覆うのに必要なガラス26が不足することに起因する。

- [0111] 調整層3のコンポジットガラス28に添加するセラミック粉27としてはアルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、熱膨張係数は6.5〜8.0ppm/°C)、MgO(熱膨張係数は13ppm/°C)、フォーステライト( $2\text{MgO}\cdot\text{SiO}_2$ 、熱膨張係数は組成により8〜11ppm/°C)、ジルコニア(熱膨張係数は10.4ppm/°C)、酸化チタン、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、スピネル( $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ )が望ましい。またセラミック粉の平均粒径は0.01〜5 $\mu\text{m}$ 程度が望ましい。平均粒径が0.01 $\mu\text{m}$ 未満の場合、コスト高になる。また平均粒径が5 $\mu\text{m}$ より大きな場合、ガラス26との同時焼成ができない場合がある。また実施の形態による結晶化ガラス以外の市販の結晶化ガラスについてもセラミック粉27をフィラーとして添加することによりコンポジットガラス28の熱膨張係数が微調整できるため、調整層3を最適設計ができる。
- [0112] なお、セラミック粉27としては熱膨張係数は6ppm/°C以上15ppm/°C未満のものが望ましい。熱膨張係数6ppm/°C未満や15ppm/°C以上のセラミック粉27はコンポジットガラスとしての効果が少ない場合がある。
- [0113] 特に、コンポジットガラス28の中のセラミック粉27はガラス26と殆ど反応しないので、焼成してもそのまま図15に示すように残っていることが多い。そのため、コンポジットガラス28の熱膨張係数は結晶化ガラスの熱膨張係数と添加するセラミック粉27の熱膨張係数との比例計算で簡単に求めることができる。
- [0114] なお、実際のコンポジットガラス28の断面を走査型電子顕微鏡(SEM)やX線マイクロ分析(XMA)で解析すると、ガラス26と拡散したセラミック粉27が見える。またこれらを元素分析すると、ガラス26からはMgO、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等のガラス26を構成する複数の元素が均一に混ざり合っているのが確認でき、セラミック粉27の固有の元素としてアルミナを用いた場合、アルミと酸素の元素が特異的に多く検出される。またセラミック粉27に酸化ジルコニアを用いた場合、ジルコニアと酸素の元素が特異的に多く検出されるので、これら元素がガラス26に含まれていたものか、あるいはコンポジッ

トガラス28を構成するためにフィラーとして添加されたものが容易に判別することができる。

[0115] 次に、実施の形態による調整層3用のガラスペーストの製造方法について説明する。図16はコンポジットガラスに発生する可能性があるピンホールの説明図、図17Aー図17Cは実施の形態における調整層3に用いるコンポジットガラスのペーストの製造方法を示す模式図、図18Aー図18Dは実施の形態における調整層3に用いるコンポジットガラスペーストの製造方法を示す模式図である。

[0116] 図16に示すように、コンポジットガラス26はセラミック粉凝集体29と、ピンホール30を含む場合がある。セラミック粉27がガラス26の内部に均一に分散されている場合ピンホール30は発生しないが、セラミック粉27の分散が不十分でセラミック粉凝集体29が発生すると、図16に示すようにピンホール30を形成する場合がある。これはガラス26の焼成温度ではセラミック粉27が焼結しないことに起因する。セラミック粉27はセラミック粉凝集体29を形成した状態で残ったコンポジットガラス26では、非常に小さな確率ではあるがピンホール30が発生する。ピンホール30の発生はコンポジットガラス26中のセラミック粉を均一に分散させることにより防ぐことができる。

[0117] コンポジットガラスのペーストの製造方法について、図17Aー図17C、図18Aー図18Dを用いて説明する。実施の形態では、コンポジットガラス26に用いるセラミック粉27を予め溶剤中に分散し、その溶剤にガラス粉を添加して混練する。このようにガラス粉とセラミック粉27を個別に最適な条件で分散することでセラミック粉凝集体29を含まないコンポジットガラスのペーストが得られる。

[0118] 図17Aにおいて、セラミック粉、溶剤、分散剤、少量の樹脂等の所定の材料31aー31dを準備する。樹脂を加えることでセラミック粉のガラスに対する濡れ性が向上する。しかし、樹脂を加えすぎると粘度が上がって分散しにくくなるので、添加する樹脂は少量に限定される。

[0119] 所定原料31aー31dは図17Bに示すように分散装置32の中でビーズ33によって分散され、スラリーが得られる。分散装置32として回転ボールミル、攪拌ボールミル、シンマルエンタープライズ製のダイノミル等のビーズ33を用いた攪拌式、振動式、回転式の分散装置を使うことが望ましい。セラミック粉を溶剤や少量の分散剤と共にこう

した分散装置32で分散することで、セラミック粉凝集体を発生させずに分散できる。

[0120] この分散においてセラミック粉、溶剤、分散剤もしくは少量の樹脂からなるスラリーの粘度は1センチポイズ(cP)以上10ポイズ(P)以下が望ましい。1cP未満の低粘度のスラリーでは、分散装置32の中ではセラミック粉は均一に混ざっていても、スラリーを取出して濾過する時にセラミック粉が沈殿してしまうことがある。また粘度が10Pを超える場合、ビーズ33を使った分散装置32では十分にセラミック粉が分散せずビーズ33とスラリーの除去が難しくなる場合がある。

[0121] なお、ビーズ33の直径は10cm以下が望ましい。ビーズ33が小さい場合は、細かいセラミック粉に対しても分散効果が高いが、ビーズ33の間の衝突エネルギーが小さくなるので、所定の力以上の動力を用いた分散装置32を使うことが望ましい。こうした分散装置32、特に回転式の分散装置32では、リップシール(分散装置32のシール機構の一種)の性能にもよるが、0.3mmφ以下のビーズ33は使いにくいことがある。

[0122] また、ビーズ33の材料は市販のアルミナ製やイットリア入りジルコニア製が望ましい。またセラミック粉と同じ成分のビーズ材料を選定することでビーズ33が研磨されてスラリー中に混入した場合でもそれが不純物とはならない。

[0123] スラリーは、図17Cの矢印34に示すように、濾過装置35aに設けられたフィルタ36aに注がれて濾過され、容器37aに回収される。

[0124] なお、フィルタ36aとしては開口が10〜20μmの市販の網を用いることができるが、デプス型(体積濾過型)と呼ばれる繊維を糸巻状に加工したフィルタ36aを使ってもよい。この繊維により、多量のスラリーでも少ない圧力損失で、すなわちフィルタ36aが詰まりにくい状態で濾過できる。濾過はスラリー自体の自重で行ってもよいが、エア圧力やダイヤフラムポンプ等を用いることで作業効率が向上できる。

[0125] 次に、図18Aに示すように、容器37aに回収されたセラミック粉が分散されてなるスラリー、ガラス粉、樹脂、分散剤等の所定材料31e〜31hを準備する。必要に応じて着色剤等を加えておくことで、各層の厚みや状態が判別しやすくなり、工程管理や製品管理を容易に実施できる。

[0126] 図18Bに示す混練機38の内部には攪拌治具39が内蔵されている。こうした混練

機38としてはプラネタリーミキサー、ニーダー、自動乳鉢等を用いることができる。このように混練機38の内部に攪拌治具39をセットすることで、高粘度の材料でも安定して混練できる。特に、実施の形態による荷重センサでは、コンポジットガラスのペーストはスクリーン印刷で印刷され、コストダウンが可能になる。スクリーン印刷では、コンポジットガラスのペーストの粘度が低すぎると印刷後にパターンが滲んだり、所定の厚みが得られない場合があるので、所定値以上の高粘度が必要になる。そのため、こうしたコンポジットガラスは数万ポイズ以上の粘度で自重ではまったく流動しない場合があり、このようなペーストを混練するには攪拌治具39を備えた混練機38を用いることが望ましい。

[0127] 図18Bに示すように、所定量の所定材料31e〜31hが混練機38に投入され、内蔵された攪拌治具39が矢印34に回転することで混練される。なお所定材料31e〜31hは互いに反応しあわない順序で添加することが望ましい。例えばガラス粉と樹脂、スラリーとガラス粉等を一度に多量に混練すると、セラミック粉凝集体が発生する場合がある。こうした溶剤ショック等と呼ばれるセラミック粉凝集体の発生を防止するには少量ずつ材料を添加するか、あるいは凝集しにくいものの材料の組合せを予め確かめておく必要がある。

[0128] そして、図18Cに示すように、3本のロール40等の混練機38を用いて混練することでスラリー中のセラミック粉とガラス粉を均一に分散し、コンポジットガラスペーストが作製できる。

[0129] 最後に図18Dに示すように、スラリーを濾過装置35b、フィルタ36bで濾過して、調整層3に用いるガラスペースト中のゴミや凝集体を除去できる。

[0130] 以下、コンポジットガラスのペーストを詳しく説明する。

[0131] まず、図17Aに示すように、所定材料31aのセラミック粉として、市販の粒径 $0.4\mu\text{m}$ の、セラミック粉凝集体を多数含む安価なアルミナ粉(数ドル/Kg)を用いた。

[0132] 次に、このアルミナ粉に吸油量を僅かに超える程度の少量の溶剤(吸油量の詳細はJIS-K5101に記載されている)と溶剤(ブチルカルビトールアセテート等)と分散剤を加え、高濃度であるが低粘度のアルミナスラリーを作製し、これを市販のビーズミルを用いて一定時間分散した。なおビーズ33にはアルミナ製の直径2mmのものを

用いた。こうして分散したアルミナは、グラインドメーター（詳細はJIS-K5600に記載）を用いて $3\mu\text{m}$ 以上のセラミック粉凝集体は検出されなかった。またこのアルミナスラリーの粒度分布は粒度分布計を用いた測定で一次粒子まで解されていることが判った。このアルミナスラリー中には所定量の分散剤が添加されているので、アルミナの濃度は60wt%以上望ましくは80wt%以上と高い。このスラリーの粘度は10P（ズリ速度 $1/\text{s}$ 〜 $100/\text{s}$ の範囲）未満であったにも関わらず、攪拌の24時間後でも分散は安定していた。なおこのアルミナスラリーを長時間保存する場合は回転架台等に搭載した状態で回転させておくと沈殿防止やセラミック粉の再凝集を防止できる。こうして作製したアルミナスラリーは図17Cに示すように開口 $10\mu\text{m}$ のフィルター36aで濾過できた。

[0133] 次に、図18Aに示すように、このアルミナスラリーをガラス粉や他のバインダ等と秤量し、図18Bに示すようにプレミキシングし、最後に図18Cに示すようにロール混練した。こうして作製したコンポジットガラスペーストは開口 $20\mu\text{m}$ のフィルタ36bで濾過できた。こうして濾過されたコンポジットガラスペーストを調整層3として用いて図1に示す荷重センサ101を作製した。調整層3の断面をSEMやXMAで解析し、図15に示すガラス26の中に均一に分散されたアルミナが検出された。

[0134] このようにセラミック粉凝集体を発生させないように材料を分散させるためには工数が増加するので、より低コストに効率良く分散させることが望まれている。セラミックスラリーを高濃度にしておくことで分散効率を高められ、製造コストも下げることができる。特に、セラミックスラリーを高濃度（例えば、スラリーの吸油量の10%増から50%増までの量の溶剤）で分散することが重要である。溶剤の添加量がスラリーの吸油量以下の場合、セラミックスラリーの粘度が高すぎてビーズで分散させにくい。またスラリーの吸油量よりその100%多い溶剤（例えば、JISに従って測定した吸油量50gに対して100gの溶剤）では、セラミックスラリーの粘度は充分低い、溶剤の量が多すぎて溶剤を減らす必要がある場合がある。

[0135] 次に、荷重センサ101の基板1に用いる金属弾性体について説明する。

[0136] 実施の形態における荷重センサ101は調整層3により安価な金属材料の基板1を用いることができる。基板1の材料としては、例えばオーステナイト系合金やNi基合金

等の時効硬化合金やインコネル等のCo基合金に比べ、フェライト系の合金の耐熱性鋼を用いることが望ましい。フェライト系の耐熱合金によりセンサを容易に高精度に加工できると共に加工後の残留応力や加工歪み等が少ない。また必要に応じて金属弾性体にアルミニウムを含有させておくことで熱処理時に添加したアルミニウムにより金属弾性体上に酸化アルミ皮膜が形成され、基板1の耐熱性や耐酸化性が向上する。この材料としてはAISIIIタイプの300や400シリーズの合金としてSUS304、316、404、430、S17及び444が適当である。また他の金属弾性体であってもその表面に耐熱処理を行うことで使うことができる。こうした合金はその組成によって $90 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ ～ $140 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ の熱膨張係数を有する。

[0137] 荷重センサ101のために所定形状に加工した場合、その加工時に金属弾性体の基板1の内部に歪みが残る。そのために基板1をその上にガラスペーストを印刷して焼成した場合、本来の熱膨張係数以上に変形してしまうことが多い。例えばガラスと金属基板の熱膨張係数の差から計算される基板の反り量以上に基板1が大きく反る場合がある。また1つのSUS材料を用いた場合でも、厚みが0.5mm、2mm、5mmでプレス(打抜き)によって所定の形状に加工した基板1はそれぞれ異なる量だけ反る。厚みが増えれば加工方法が変わるので、同じ金属材料でも反り量は加工時の圧力、方法、手順、金型の違いで変化してしまう。

[0138] また、こうした反りは加工後に修正できるが、その修正でも残留応力や熱処理時の変形量をゼロにすることは難しい。そのため、こうした所定形状に加工され内部に応力が残る基板1でも調整層3により荷重センサを作製できる。

[0139] なお、抵抗体5の材料のペーストは400℃以上1000℃未満の温度で焼成することが望ましい。400℃未満で焼成するとペーストが十分に焼結せず、抵抗体5の所定の強度が得られない場合がある。また1000℃以上で焼成すると、基板1が酸化しやすくなり耐力が低下するので、基板1にはより高価で特殊な金属材料を使う必要がある。

[0140] また、ガラス層2に結晶化ガラスを用いることで非晶質ガラスに比べてガラスの耐力、破壊強度を高められる。またガラス層2内部に1層以上の内部電極を形成し、配線4と内部電極をスルーホール等の接続体を介して接続することでセンサの耐ノイズ特

性が改善できる。

- [0141] さらに、調整層3に用いるガラスペーストを主成分のガラス粉と5重量%〜40重量%のセラミック粉と樹脂や溶剤を添加して作製することにより、焼成後の熱膨張係数を再現性良く調整でき、調整層3を安価に形成できる。また調整層3は400〜900℃で焼成することが望ましい。400℃未満で焼成すると調整層3は十分に焼結せずに所定の強度が得られない場合がある。1000℃以上の温度で焼成層3を焼成すると金属の基板1が酸化しやすくなり耐力が低下するため、基板1に高価で特殊な金属材料を使う必要がある。

#### 産業上の利用可能性

- [0142] 本発明による荷重センサは、熱膨張係数の異なる基板でも感歪抵抗体に汎用の材料を用いることができ、多品種化と低コスト化に有用である。



## 請求の範囲

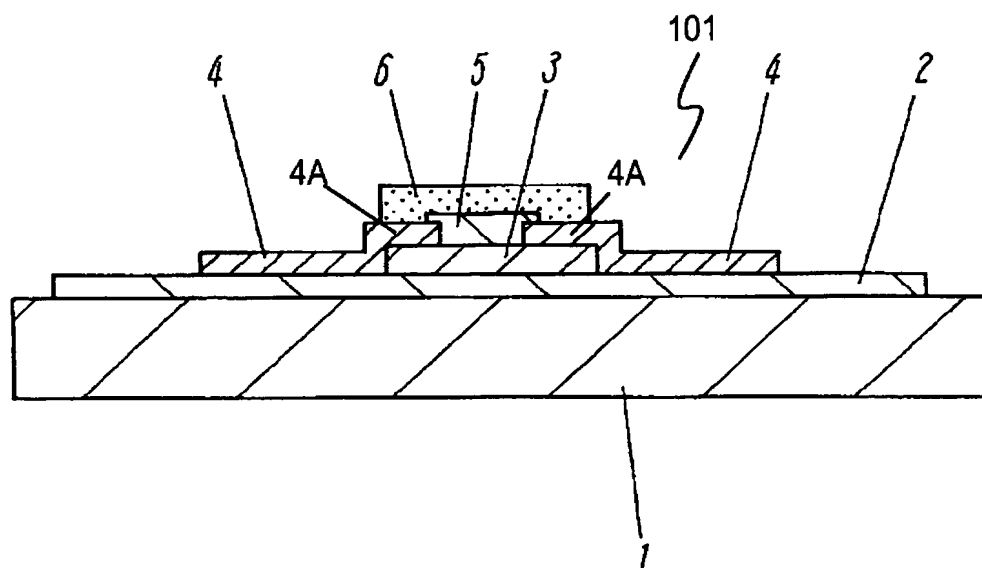
- [1] 基板と、  
前記基板上に形成されたガラス層と、  
前記ガラス層上に形成された配線と、  
前記ガラス層上に形成された調整層と、  
前記調整層上に形成され、前記配線に接続された感歪抵抗体と、  
を備え、前記ガラス層の熱膨張係数より前記調整層の熱膨張係数は前記感歪抵抗体の熱膨張係数に近い、荷重センサ。
- [2] 前記ガラス層は結晶化ガラスを含む、請求項1に記載の荷重センサ。
- [3] 前記ガラス層内に形成された内部電極をさらに備えた、請求項1に記載の荷重センサ。
- [4] 前記基板の熱膨張係数と前記感歪抵抗体の熱膨張係数との差は $10 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以上 $50 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [5] 前記基板の熱膨張係数と前記ガラス層の熱膨張係数との差は $20 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [6] 前記感歪抵抗体の熱膨張係数と前記調整層の熱膨張係数との差は $20 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ 以下である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [7] 前記調整層の厚みは $1 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [8] 前記調整層の面積は $0.1\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ 以上 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [9] 前記調整層の面積は前記感歪抵抗体の面積よりも大きい、請求項1に記載の荷重センサ。
- [10] 前記配線は前記調整層上に形成された部分を含む、請求項1に記載の荷重センサ。
- [11] 前記感歪抵抗体の厚みは $1 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [12] 前記調整層の厚みは $1 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。

- 。
- [13] 前記ガラス層の厚みは $10\mu\text{m}$ 以上 $500\mu\text{m}$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [14] 前記抵抗体の面積は $0.01\text{mm}^2$ 以上 $2500\text{mm}^2$ 未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [15] 前記基板は熱膨張係数が $80\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 以上 $200\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 未満の金属よりなる、請求項1に記載の荷重センサ。
- [16] 前記基板は金型によって所定形状に打抜かれた金属板よりなる、請求項1に記載の荷重センサ。
- [17] 前記感歪抵抗体のゲージファクタは10以上1000未満である、請求項1に記載の荷重センサ。
- [18] 前記調整層はガラスよりなる、請求項1に記載の荷重センサ。
- [19] 前記調整層は5重量%〜40重量%のセラミックフィラーを含むコンポジットガラスよりなる、請求項1に記載の荷重センサ。
- [20] 前記セラミックフィラーは $0.01\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 未満の粒径のセラミック粉よりなる、請求項19に記載の荷重センサ。
- [21] 前記セラミックフィラーはアルミナ、ジルコニア、マグネシア、チタニア、チタバリ、カルシアのうちの少なくとも1つである、請求項19に記載の荷重センサ。
- [22] 金属製の基板上にガラス層を形成するステップと、  
ガラスペーストを準備するステップと、  
前記ガラス層の上に前記ガラスペーストを塗布し焼成して調整層を形成するステップと、  
前記調整層上に複数の配線を形成するステップと、  
前記複数の配線間に接続された、抵抗体ペーストを塗布し焼成して前記調整層上に感歪抵抗体を、前記ガラス層の熱膨張係数より前記調整層の熱膨張係数は前記感歪抵抗体の熱膨張係数に近くなるよう形成するステップと、  
を備えた、荷重センサの製造方法。
- [23] 前記感歪抵抗体と前記複数の配線のそれぞれの一部とを覆う保護層を形成するステ

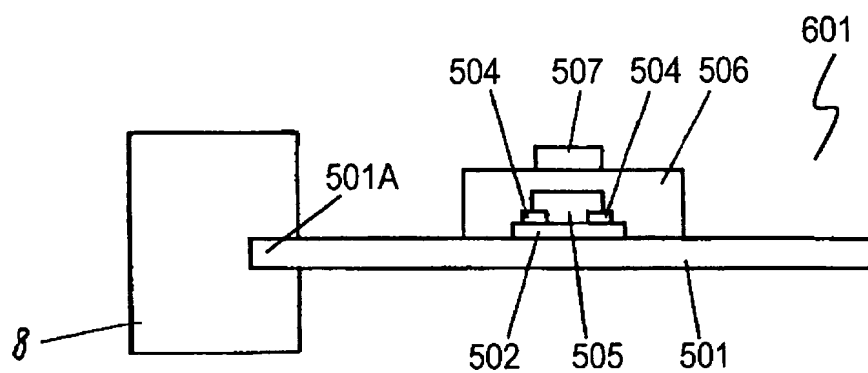
ップをさらに備えた、請求項22に記載の製造方法。

- [24] 前記基板の厚みは1mm以上である、請求項22に記載の製造方法。
- [25] 前記感歪抵抗体を形成するステップは、前記塗布された抵抗体ペーストを400℃以上1000℃未満の温度で焼成するステップを含む、請求項22に記載の製造方法。
- [26] 前記調整層を形成するステップは、前記塗布されたガラスペーストを400〜900℃で焼成するステップを含む、請求項22に記載の製造方法。
- [27] 前記ガラスペーストは5重量%〜40重量%のセラミック粉が分散されてなる、請求項22に記載の製造方法。
- [28] 前記ガラスペーストを準備するステップは、  
溶剤とバインダに0.01ポイズ以上100ポイズ以下の粘度でセラミック粉に分散させるステップと、  
前記セラミック粉が分散された前記溶剤と前記バインダとに、100ポイズ以上10000ポイズ未満の粘度でガラス粉を分散させるステップと、  
を含む、請求項22に記載の製造方法。
- [29] 前記ガラスペーストを準備するステップは、  
溶剤と分散剤バインダに0.01ポイズ以上100ポイズ以下の粘度でセラミック粉に分散させるステップと、  
前記セラミック粉が分散された前記溶剤と前記分散剤とに、100ポイズ以上10000ポイズ未満の粘度でガラス粉を分散させるステップと、  
を含む、請求項22に記載の製造方法。
- [30] 前記ガラス層を形成するステップは、内部に電極を有するガラス層を形成するステップを含む、請求項22に記載の製造方法。

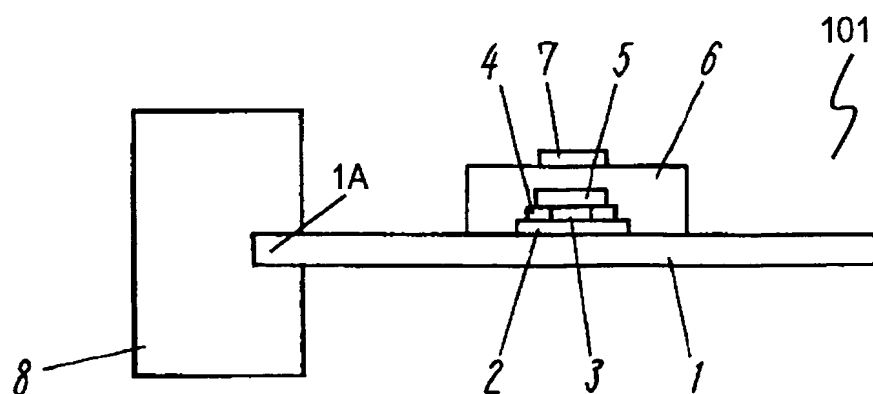
[図1]



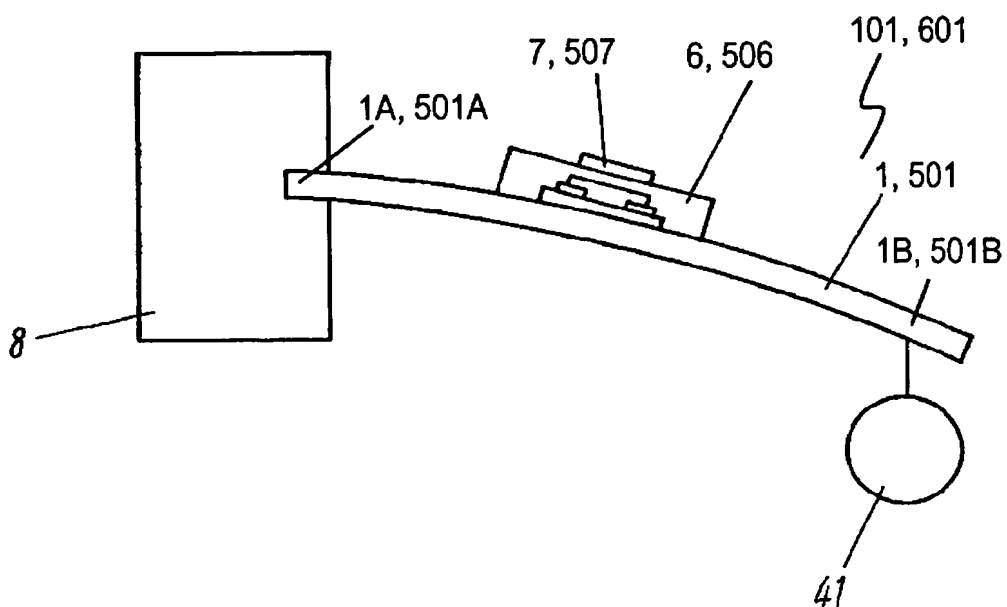
[図2A]



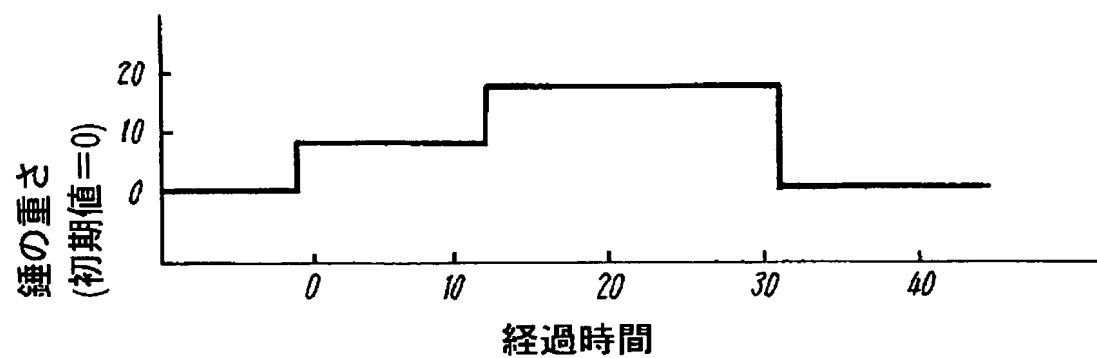
[図2B]



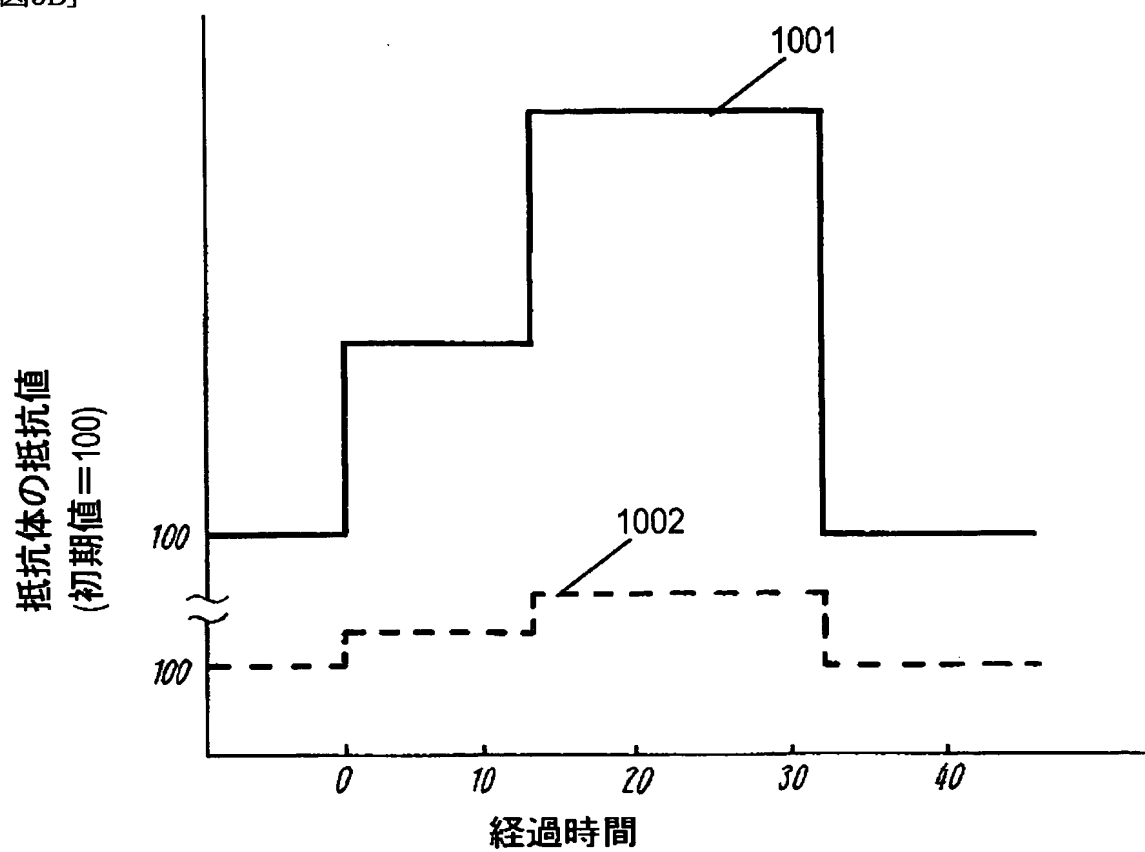
[図2C]



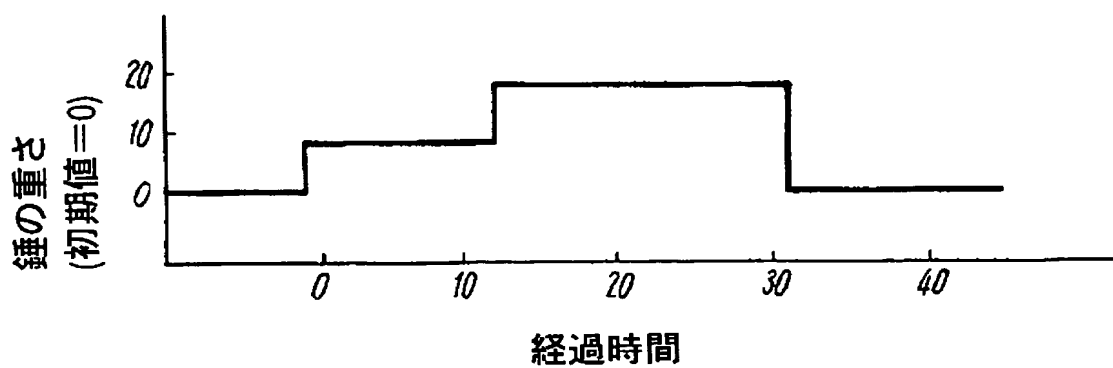
[図3A]



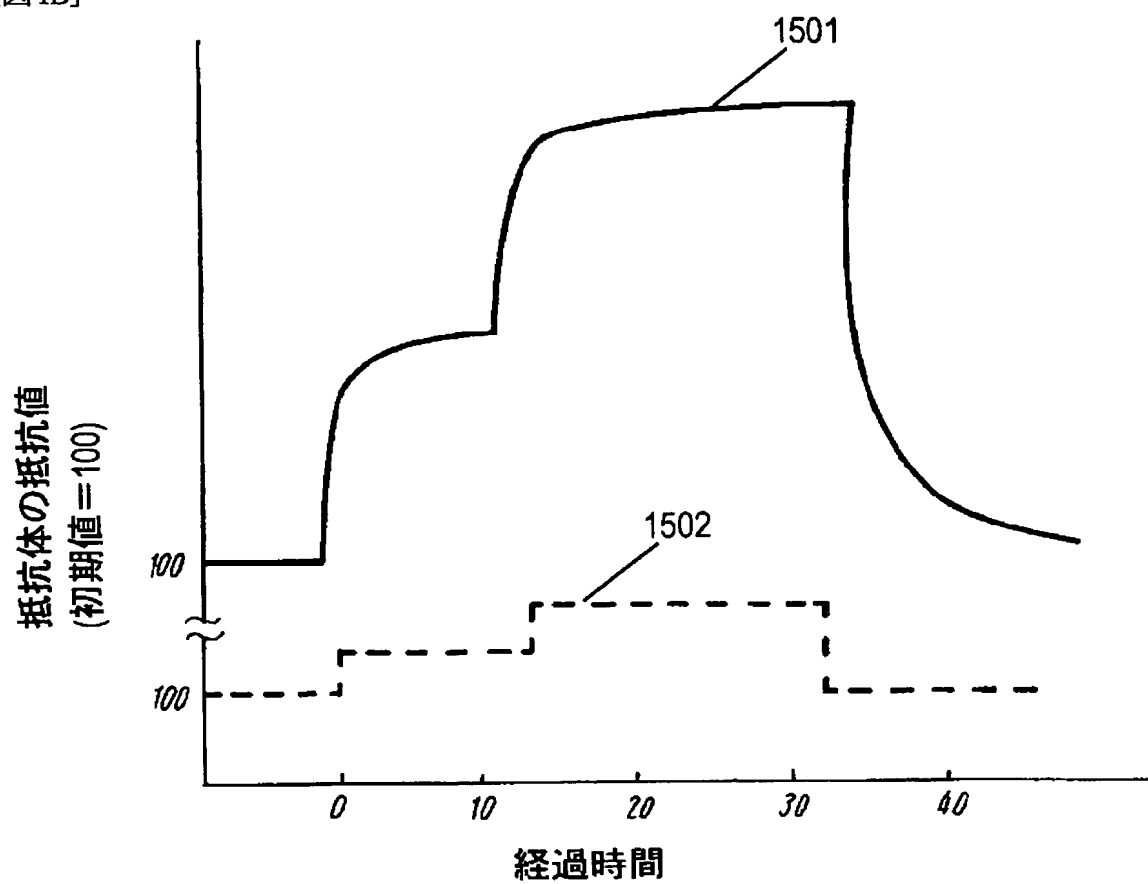
[図3B]



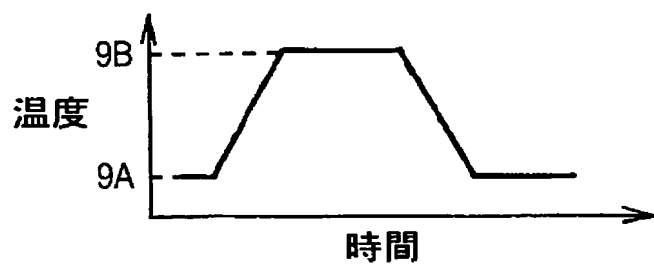
[図4A]



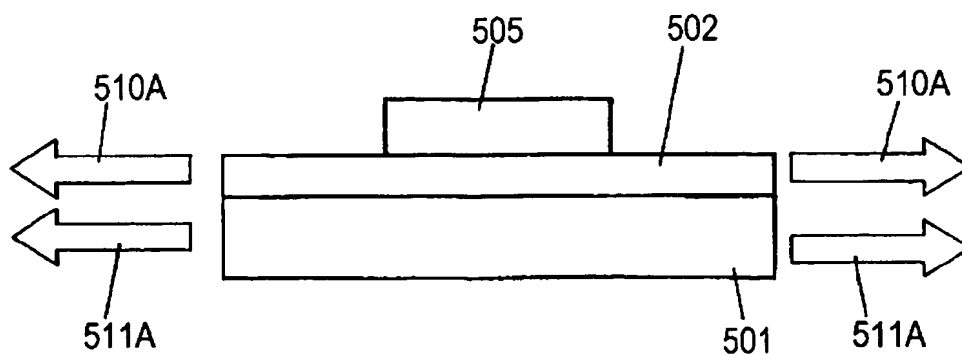
[図4B]



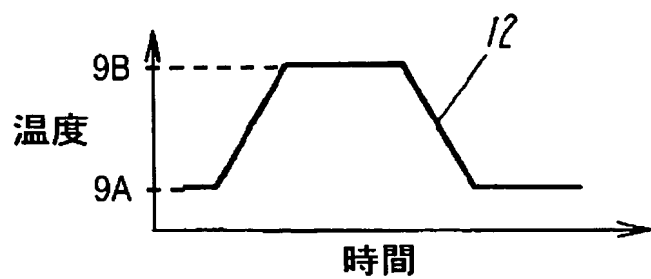
[図5A]



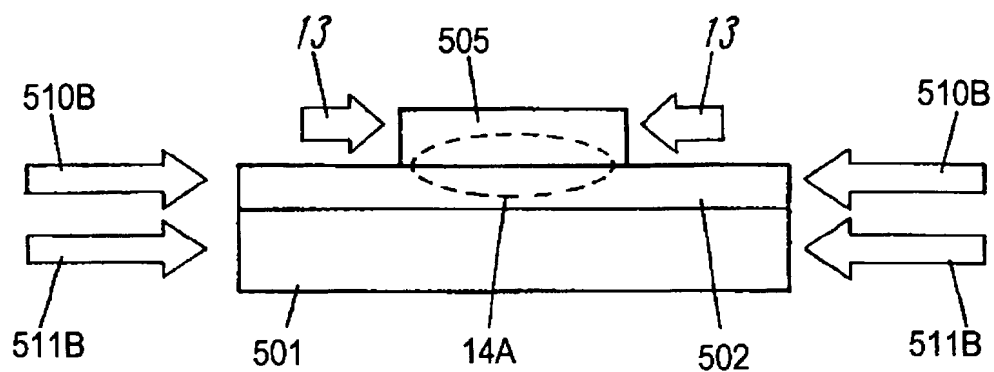
[図5B]



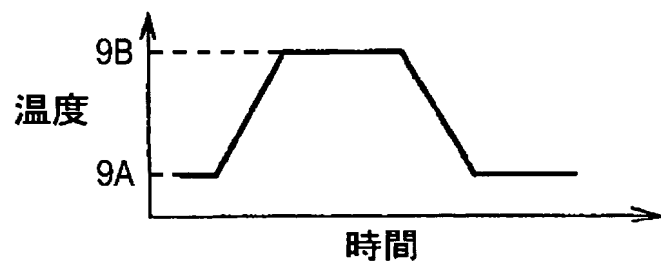
[図5C]



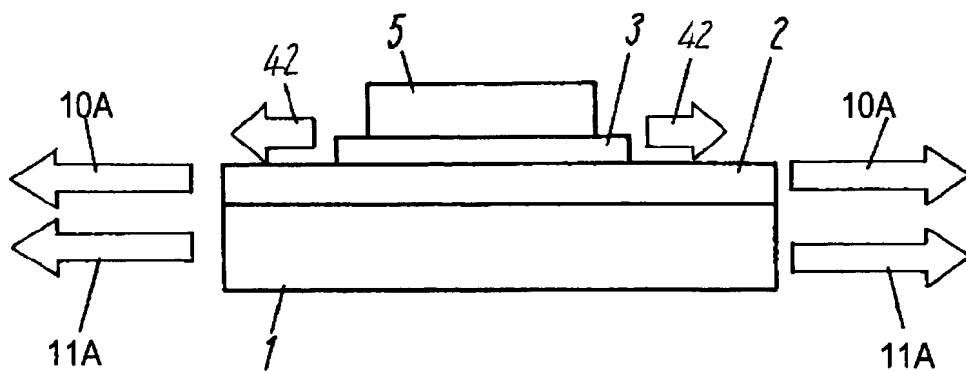
[図5D]



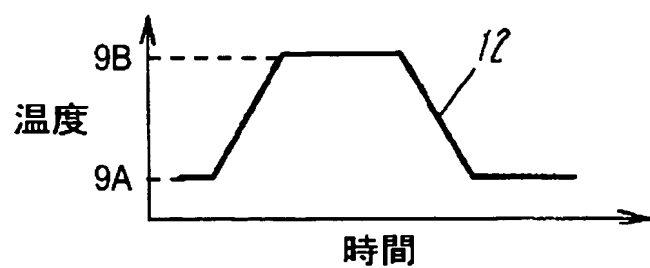
[図6A]



[図6B]

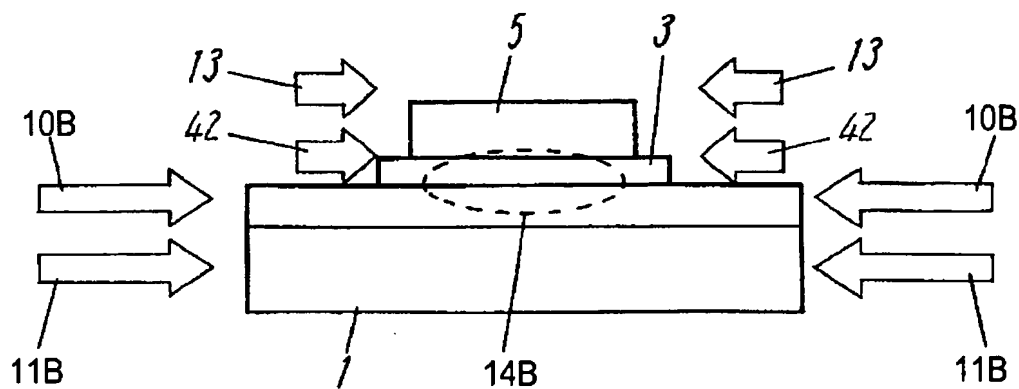


[図6C]

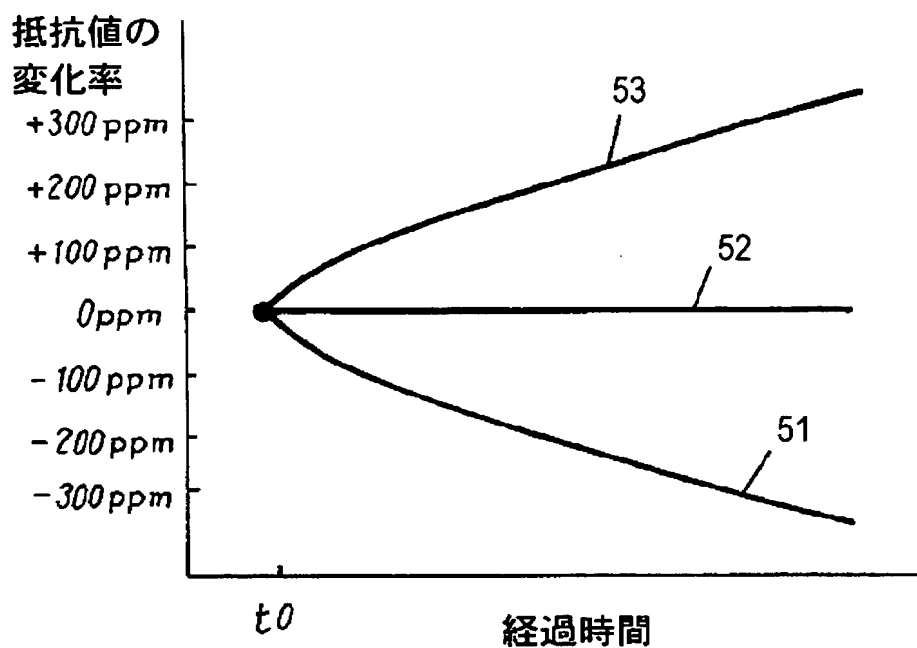




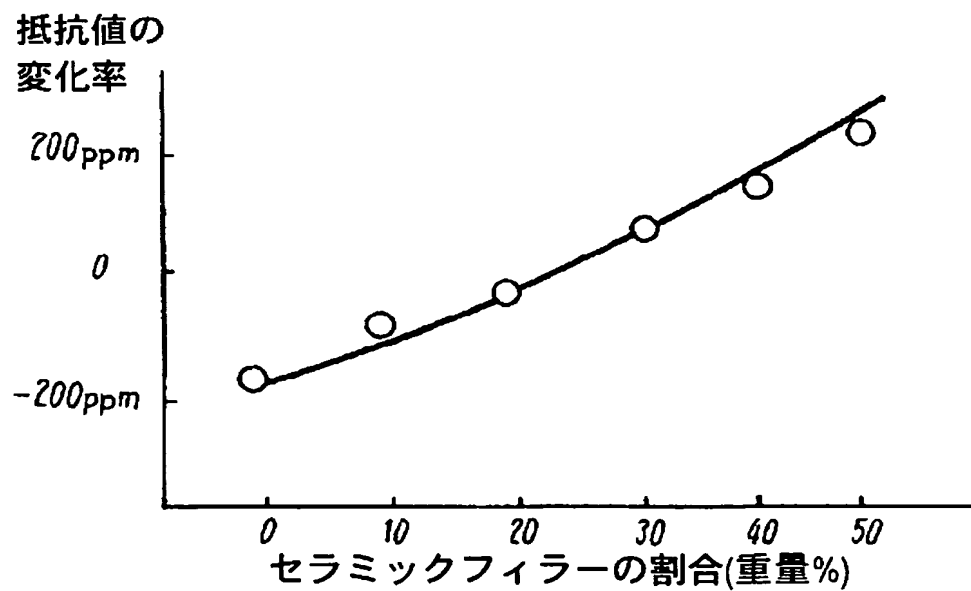
[図6D]



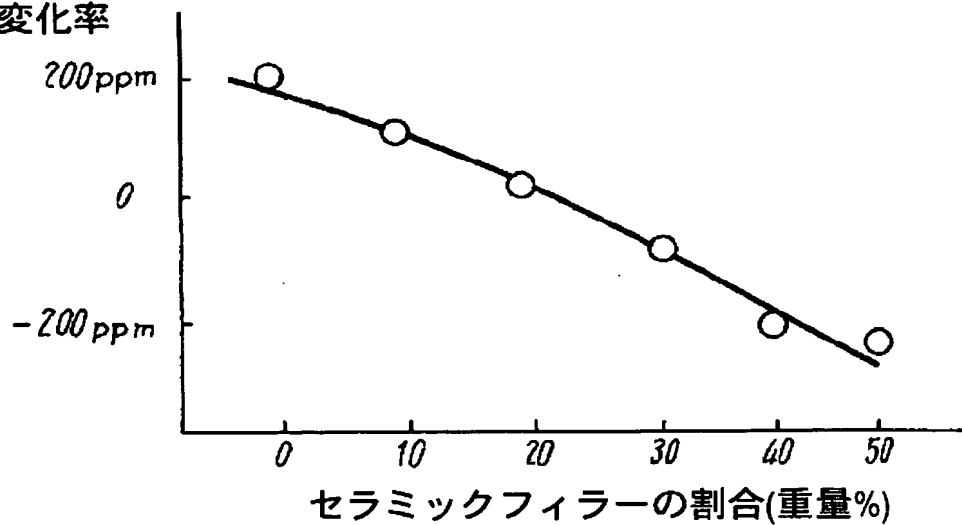
[図7]



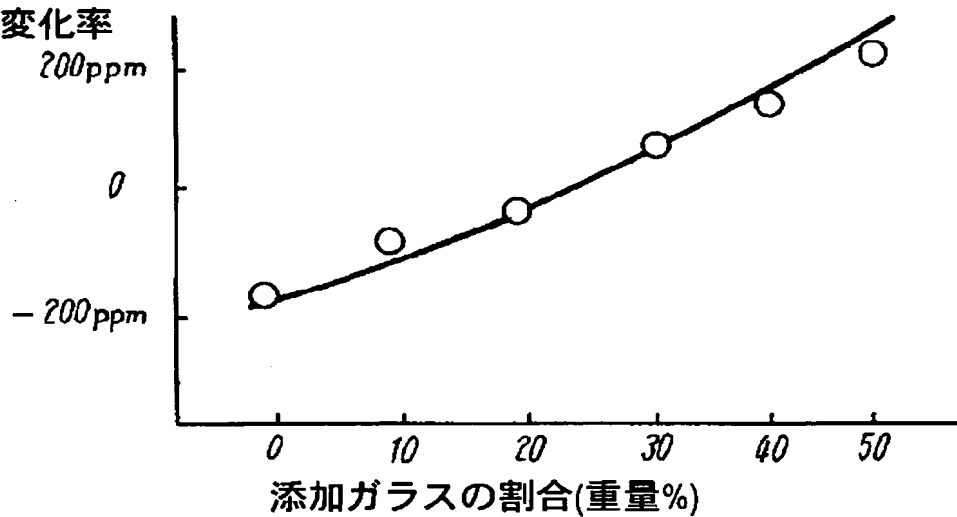
[図8]



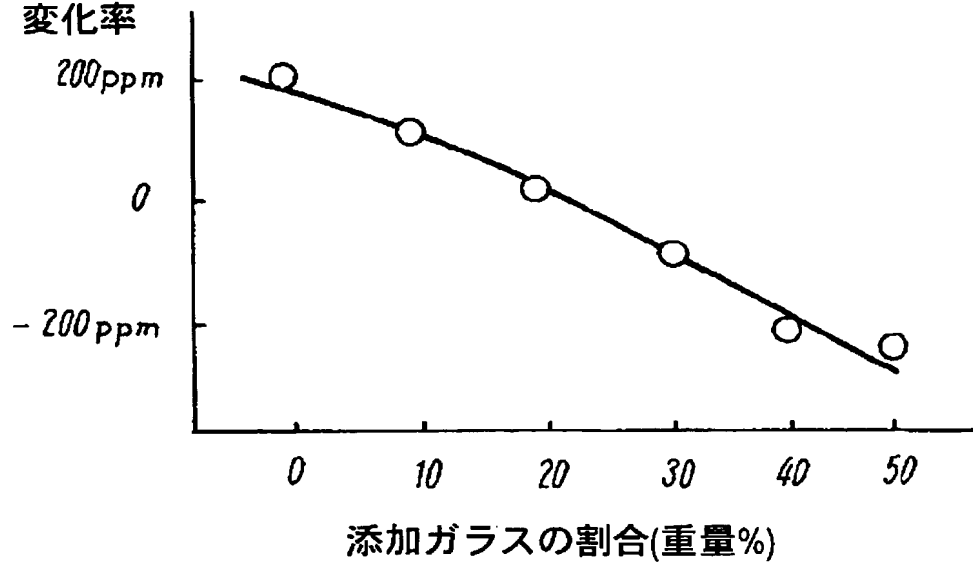
[図9]

抵抗値の  
変化率

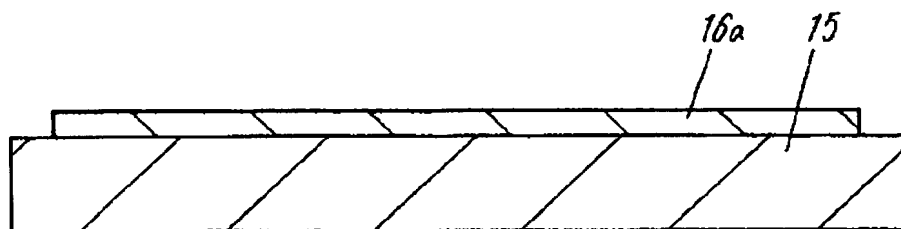
[図10]

抵抗値の  
変化率

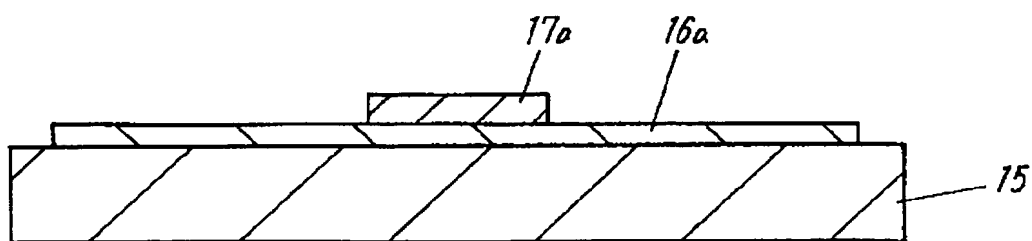
[図11]

抵抗値の  
変化率

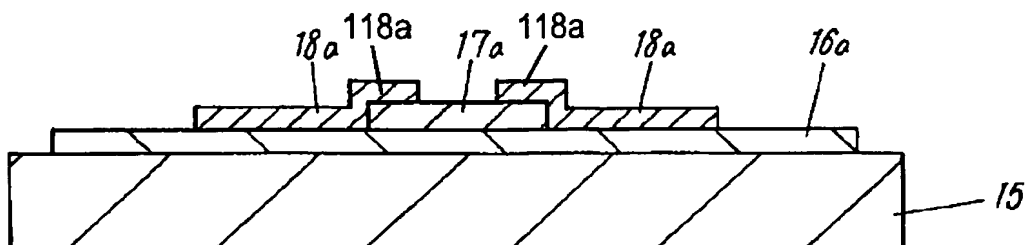
[図12A]



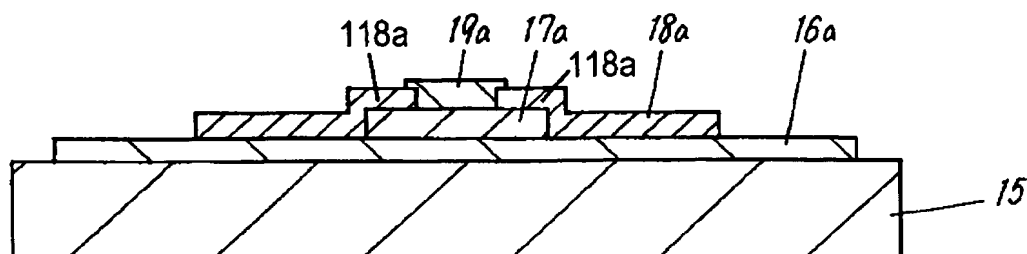
[図12B]



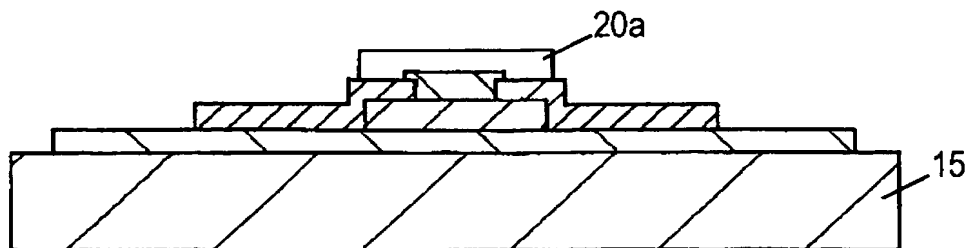
[図12C]



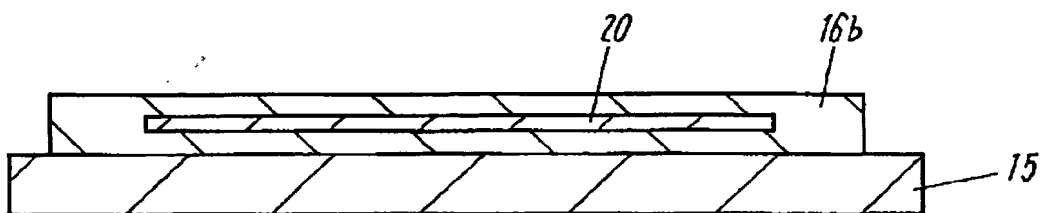
[図12D]



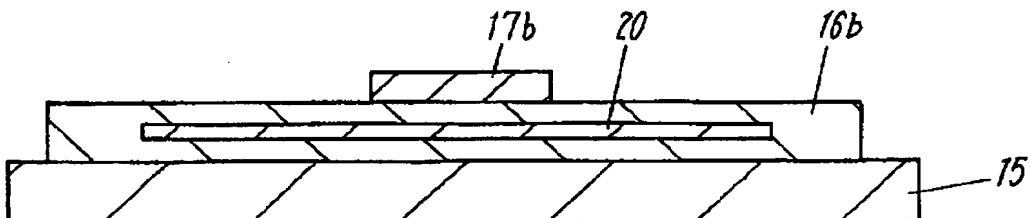
[図12E]



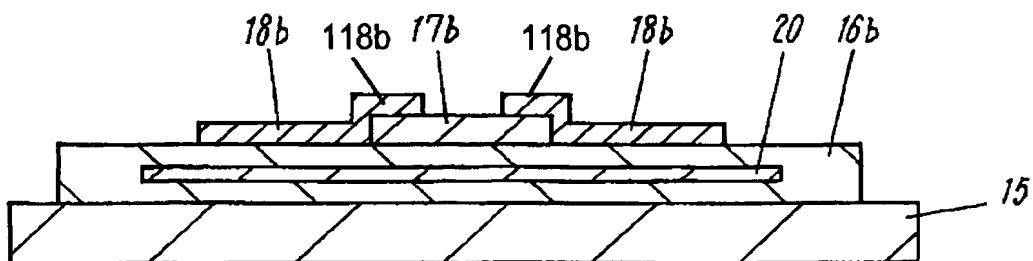
[図13A]



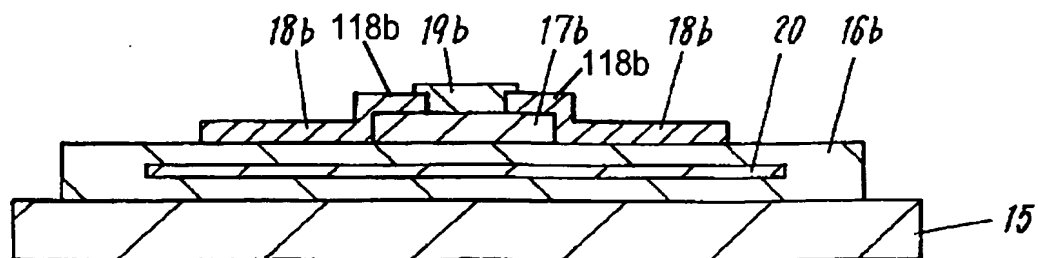
[図13B]



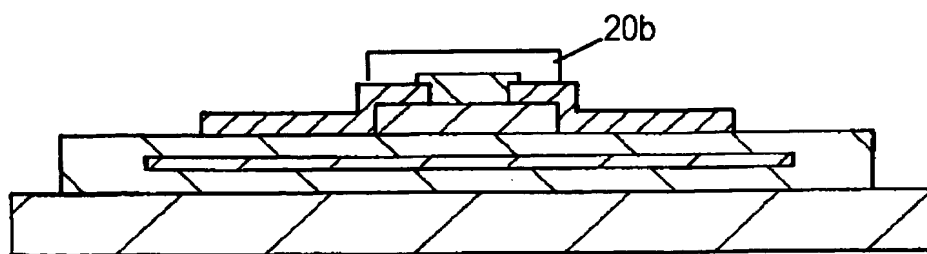
[図13C]



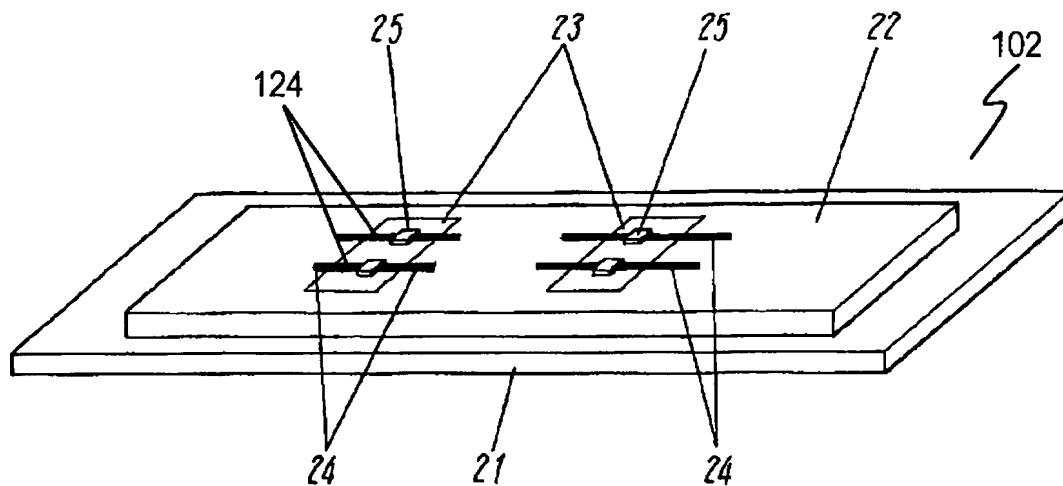
[図13D]



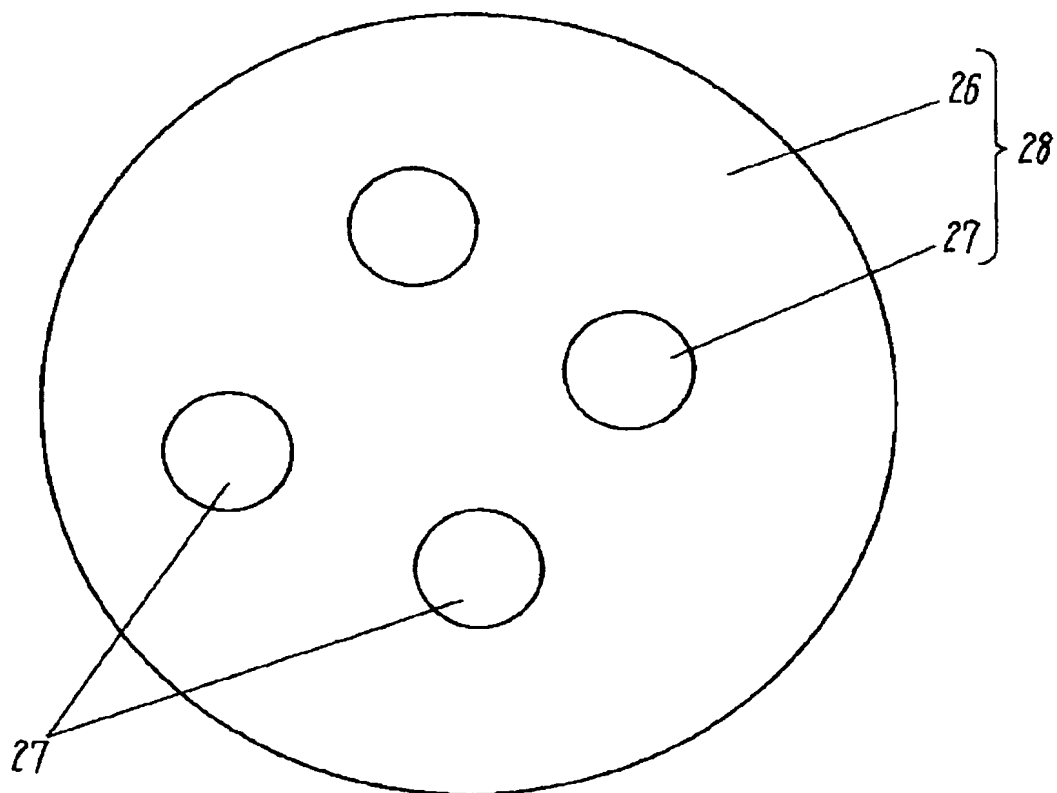
[図13E]



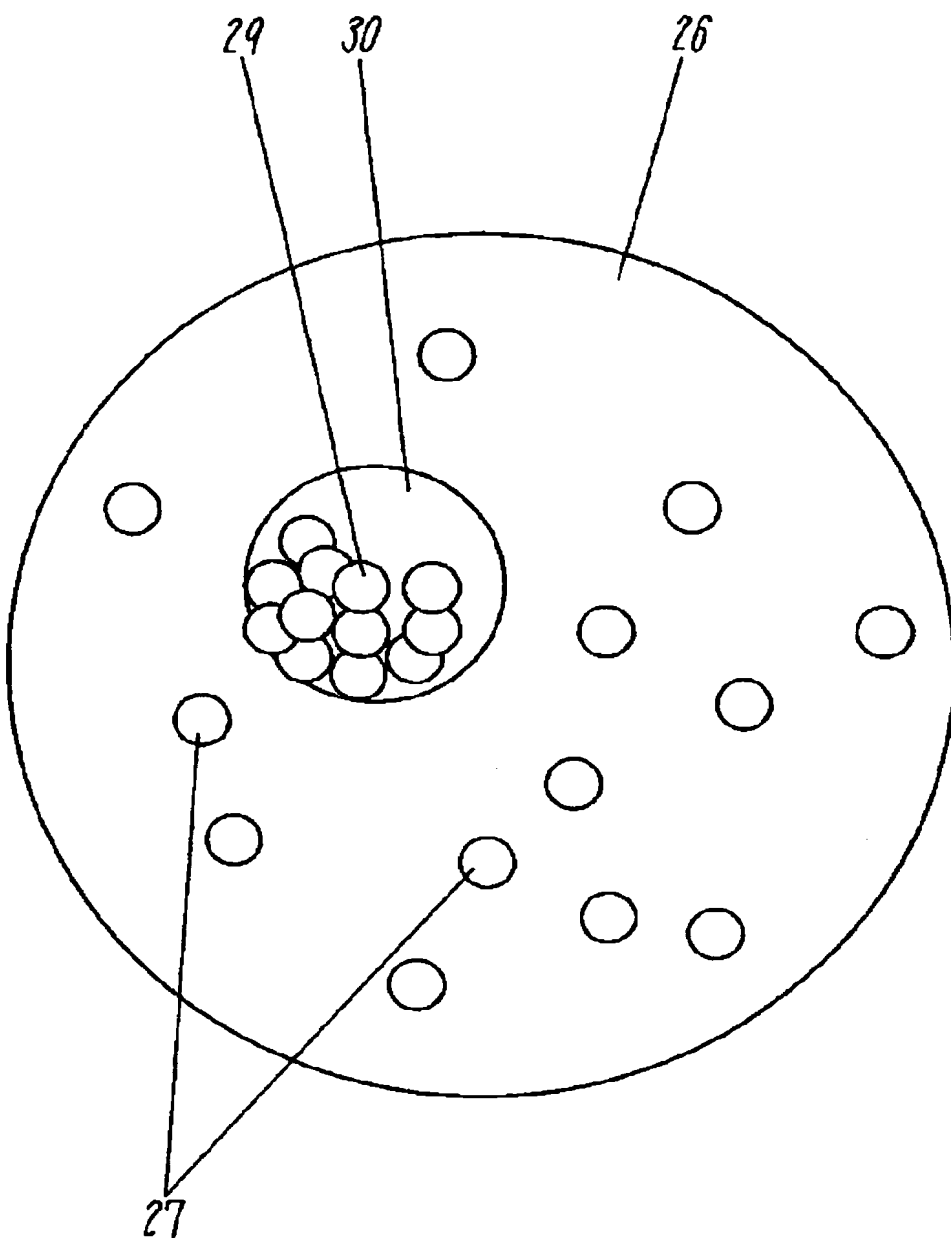
[図14]



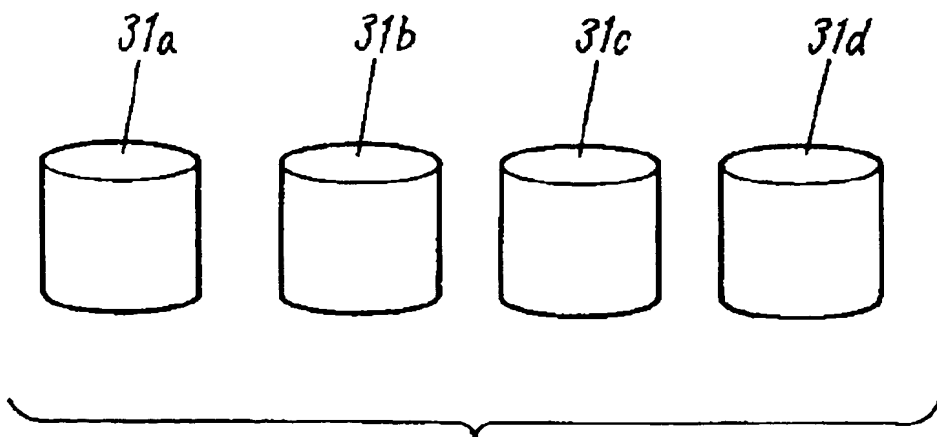
[図15]



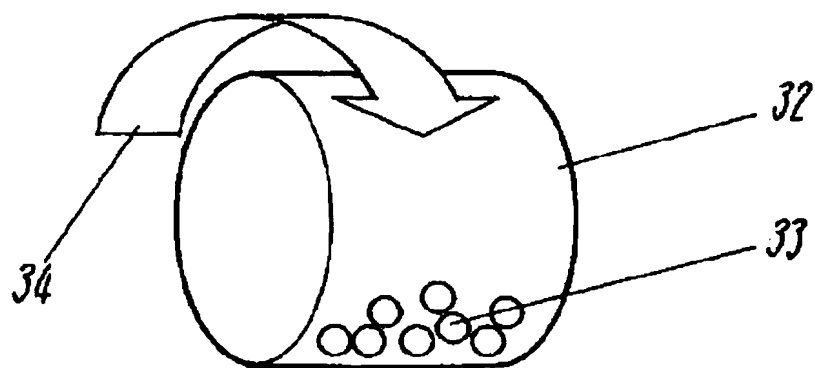
[図16]



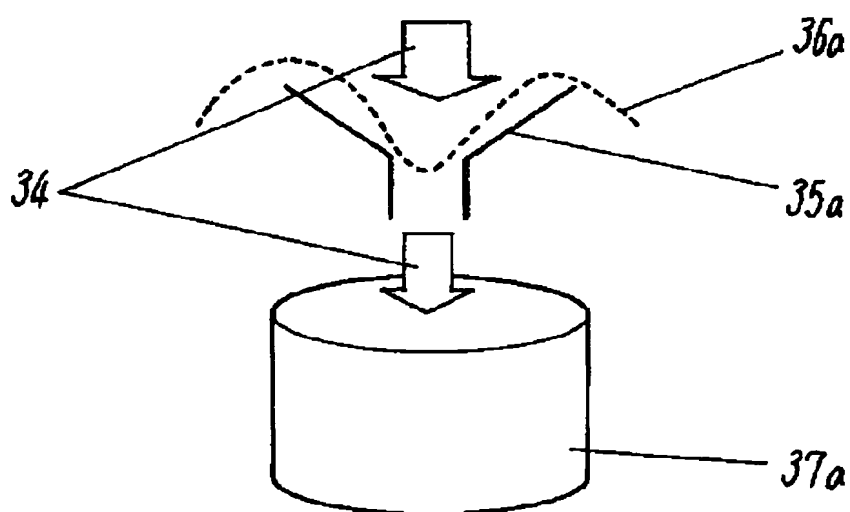
[図17A]



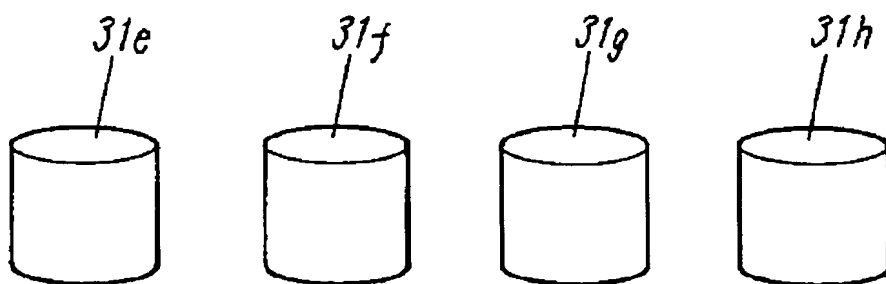
[図17B]



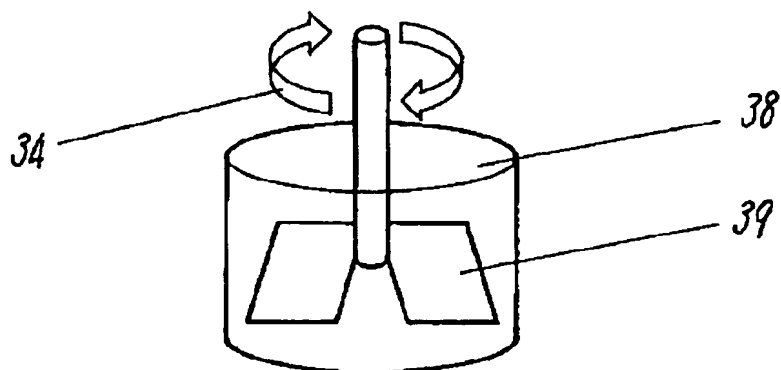
[図17C]



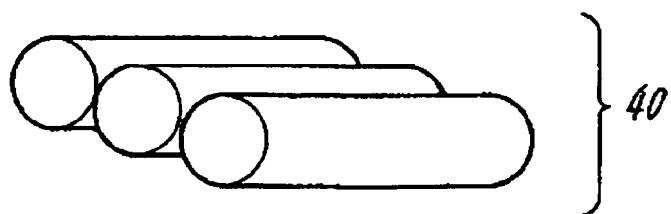
[図18A]



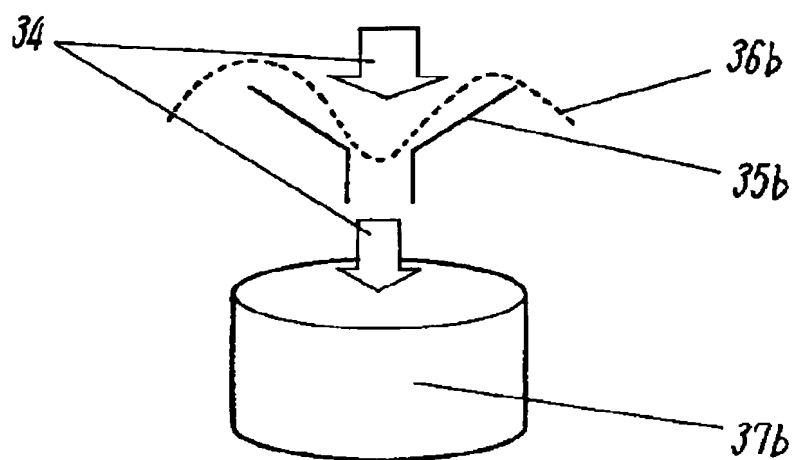
[図18B]



[図18C]



[図18D]





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP2004/015980

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl<sup>7</sup> G01L1/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G01L1/22, G01L9/04, G01G3/14, G01B7/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004  
Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3010166 B2 (Delco Electronics Corp.), 03 December, 1999 (03.12.99), Full text; all drawings & EP 924501 B1 & US 5898359 A	1-30
A	JP 54-41304 B2 (Hitachi, Ltd.), 07 December, 1979 (07.12.79), Fig. 2 (Family: none)	1-30

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
12 November, 2004 (12.11.04)

Date of mailing of the international search report  
30 November, 2004 (30.11.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01L1/22

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01L1/22, G01L9/04, G01G3/14, G01B7/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報1922-1996、日本国公開実用新案公報1971-2004、  
日本国登録実用新案公報1994-2004、日本国実用新案登録公報1996-2004

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 3010166 B2 (デルコ・エレクトロニクス・コーポレーション) 1999. 12. 03、全文、全図 &EP 924501 B1 &US 5898359 A	1-30
A	JP 54-41304 B2 (株式会社日立製作所) 1979. 12. 07、第2図 (ファミリーなし)	1-30

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 11. 2004

国際調査報告の発送日

30.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森 雅之

2F

8505

電話番号 03-3581-1101 内線 6257